



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta textilní



Studium hoření vpichovaných textilií

Bakalářská práce

Studijní program: B3107 – Textil

Studijní obor: 3106R016 – Textilní technologie, materiály a nanomateriály

Autor práce: **Jan Dobruský**

Vedoucí práce: Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Liberec 2016



TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering



Combustion of needle punched textiles

Bachelor thesis

Study programme: B3107 - Textile

Study branch: 3106R016 – Textile technologies, materials and nanomaterials

Author: **Jan Dobruský**

Supervisor: Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D

Liberec 2016

Technická univerzita v Liberci
Fakulta textilní
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan Dobruský**

Osobní číslo: **T14000276**

Studijní program: **B3107 Textil**

Studijní obor: **Textilní technologie, materiály a nanomateriály**

Název tématu: **Studium hoření vpichovaných textilií**

Zadávací katedra: **Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznamte se s problematikou hoření textilií a zaměřte se konkrétně na vpichované textilie. Vypracujte rešerši na dané téma.
2. Navrhněte experimenty, zabývající se problematikou hoření vpichovaných textilních struktur. Zaměřte se především na změnu výrobních parametrů těchto textilií v souvislosti s jejich nehořlavostí.
3. Vypracujte metodiku experimentu a jeho hodnocení.
4. Vytvořte sérii materiálů a otestujte na nich hoření. Experimenty vyhodnoťte.
5. Diskutujte výsledky a navrhněte další postupy řešení daného problému.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. RUSSELL, Edited by S.J. Handbook of nonwovens. Boca Raton, Fla. [etc.] : Cambridge: CRC press ; Woodhead, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
2. F. KILINC, Handbook of fire resistant textiles; Woodhead Publishing; ISBN: 978-0-85709-123-9.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

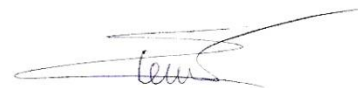
Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Datum zadání bakalářské práce: **26. března 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2016**



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



prof. RNDr. David Lukáš, CSc.
vedoucí katedry

V Liberci dne 26. března 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Chtěl bych poděkovat především panu Ing. Jiřímu Chaloupkovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce, za to, že mi poskytoval odborné konzultace a věnoval svůj čas během jejího vypracovávání.

Děkuji také dalším pracovníkům z KNT, od kterých se mi v případě potřeby dostávalo drobných rad a pomoci při práci v laboratoři a poloprovozu KNT.

Dále musím poděkovat také svojí rodině, která mi byla důležitou psychickou oporou.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá studiem hoření textilií. Práce je rozdělena na část teoretickou a na část experimentální.

Teoretická část je zaměřena na technologii netkaných textilií, zpevněné mechanickým způsobem - vpichováním. Nahlíží také na použití netkaných textilií v automotive oblasti. Dále se věnuje tématu hoření textilií.

Experimentální část je zaměřena na spalovací zkoušky textilních vzorků. Je v ní popsána příprava a výroba série vzorků z netkaných textilií, dále zahrnuje popis a provedení spalovacích zkoušek podle platných mezinárodních a podnikových norem Volkswagen group. Vyrobené vzorky se lišily typy vláken a poměrem jejich směsí. Jsou zde prezentovány výsledky práce a diskuze o nich.

Klíčová slova: netkaná textilie, hoření, hořlavost, spalovací zkouška, vpichování, viskóza

Abstract

This bachelor thesis deals with a combustion of textiles. The thesis is divided into theoretical and experimental part.

The theoretical part describes the technology of nonwoven textiles focused on mechanical bonding - needle punching. It looks also at the use of nonwovens in the automotive field. It also discusses the topic of combustion of textiles.

The experimental part focuses on combustion testing nonwoven textile samples. It describes the preparation and production of series of samples of nonwoven textiles, it also includes the description and implementation of combustion tests in accordance with applicable international and corporate standards within Volkswagen group. Produced samples varied by fiber types and by the ratio of their mixtures. Presented here are the work results and discussion about them.

Key words: nonwoven textile, combustion, combustibility, combustion test, needle punching, viscose

Seznam použitých zkratek a symbolů

KNT - katedra netkaných textilií

ČSN - česká technická norma (dříve československá technická norma)

DIN - německá národní norma

ISO - normy vydané Mezinárodní organizací pro standardizaci

VW - Volkswagen

mm - milimetr

NT - netkaná textilie

PA - polyamid

PET - polyester

PP - polypropylen

LOI (LKČ) - limitní kyslíkové číslo

kg - kilogram

s - sekunda

MJ - megajoule

Tg - teplota zesklňování

Tt - teplota tání

Tp - teplota pyrolýzy

Tz - zápalná teplota

BR - rychlost hoření

°C - stupně Celsia

Obsah

| | |
|--|----|
| Úvod..... | 11 |
| 1 TEORETICKÁ ČÁST | 12 |
| 1.1 Historie netkaných textilií..... | 12 |
| 1.2 Teorie netkaných textilií | 14 |
| 1.2.1 Způsoby výroby netkaných textilií..... | 14 |
| 1.2.2 Příprava vláknenných vrstev suchou cestou | 15 |
| 1.2.3 Mechanický způsob přípravy vláknenných vrstev | 15 |
| 1.2.4 Způsoby kladení pavučiny | 17 |
| 1.3 Zpevnění vláknenných vrstev vpichováním | 18 |
| 1.3.1 Parametry procesu vpichování | 19 |
| 1.3.2 Vpichovací jehla..... | 20 |
| 1.4 Využití textilií v automotive | 21 |
| 1.4.1 Netkané textilie v automobilu | 22 |
| 1.4.2 Příklady použití netkaných textilií v automobilu | 23 |
| 1.5 Syntetická vlákna | 25 |
| 1.6 Teorie hoření a další pojmy | 28 |
| 1.6.1 Hoření textilií | 30 |
| 1.6.2 Působení tepla na textilie | 32 |
| 1.7 Nechořlavé úpravy textilií | 32 |
| 1.8 Normy | 33 |
| 1.8.1 České technické normy | 34 |
| 1.8.2 Německé národní technické normy..... | 35 |
| 1.8.3 Podnikové normy | 35 |
| 1.9 Zkoušky hořlavosti plošných textilií..... | 35 |
| 2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST | 38 |
| 2.1 Výběr normy | 38 |
| 2.2 Popis normy | 38 |
| 2.3 Výběr vláknenného materiálu | 39 |
| 2.4 Výroba textilií pro tvorbu vzorků | 40 |
| 2.5 Preparace vzorků dle normy | 43 |
| 2.6 Podmínky a podstata zkoušky..... | 44 |

| | | |
|------|---|----|
| 2.7 | Průběh spalovací zkoušky a měření | 46 |
| 2.8 | Výsledky měření - uhořelá vzdálenost, rychlost hoření | 47 |
| 2.9 | Výsledky měření - vyhořelá plocha, vyhořelý objem..... | 54 |
| 2.10 | Vyhodnocení výsledků | 56 |
| 3 | ZÁVĚR..... | 58 |
| 3.1 | Diskuze | 58 |
| 3.2 | Doporučení a vývody..... | 58 |
| | Zdroje..... | 60 |
| | Seznam obrázků, tabulek a grafů | 62 |
| | Přílohy..... | 62 |

Úvod

Technické textilie se díky svému velkému spektru využití čím dál více objevují v našem každodenním běžném životě, ať už si toho je veřejnost vědoma, nebo ne. Nacházejí uplatnění ve stále nových odvětvích a aplikacích, s nimiž se setkáváme v některých případech denně, v některých případech jen zřídka, při zvláštních či ojedinělých příležitostech. Jedním z oněch odvětví je i automobilový a celkově dopravní průmysl. V něm se stále zvyšují nároky na bezpečnost a vznikají nové trendy, jak bezpečnost zvyšovat. Bezpečnost lze zvyšovat aktivně, tj. předcházet rizikům, nebo pasivně, tj. eliminovat vzniklé důsledky. Co se týče nebezpečí ze vzniku požáru a jeho působení, platí zde obě možnosti, a to nejen u dopravního průmyslu.

Jelikož jsem se narodil a žiju v oblasti, kde automobilový průmysl tvoří veškerou páteř celého místního průmyslu, a zároveň studuji textilní obor, chtěl jsem nějak tyto skutečnosti skloubit dohromady a pamatovat na ně při výběru tématu bakalářské práce. Tím byl tedy dán podnět pro výběr tématu Studium hoření textilií.

V teoretické části je krátce popsána historie netkaných textilií, mechanický způsob výroby a zpevnění vlákenných vrstev, stručné představení nejčastěji používaných syntetických textilních vláken, dále některé využití netkaných textilií v automobilech. V povrchním rozsahu je představeno téma hoření, jak obecně, tak i textilií. V experimentální části je popsán celý postup provádění normovaných spalovacích zkoušek vpichovaných textilií, od výběru vláken, po přípravu vzorků až k vyhodnocení výsledků.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Historie netkaných textilií

Historický vývoj netkaných textilií se dá rozdělit na několik význačných období, ve kterých se lišily důvody pro jejich použití a rozvoj:

1) Prvopočátky výroby NT.

Jako úplné počátky výroby textilních plošných útvarů se dá označit zpracování plstitelných zvířecích srstí postupy plstění, tj. současným působením vody, tepla a případné chemikálií a mechanických vlivů. Používaly byly tyto první netkané textilie např. jako příkrývky nebo jeden z materiálů pro stavbu obydlí. Doloženým důkazem tohoto využití je nález slaměných rohoží při stavbách v Mezopotámii. Zbytky těchto staveb včetně výztuží jsou dochovány a jsou historickým příkladem technického využití lineárních útvarů ve stavebních konstrukcích, které dnes opět zaznamenává rozmach. Principy těchto postupů dodnes používají ke stavbám svých obydlí nejen stepní národy, ale čím dále více jsou inovovány a využívány při stavbách moderních budov. Taktéž výroba plstí v průmyslovém měřítku má stále podobný princip, jako z dob prvotního rozmachu NT. [1]

2) 19. století.

Hnacím motorem pro další rozmach využití netkaných textilií bylo zpracování technologických materiálů, které vzniká u textilní výroby stejně, jako u jiných průmyslových výrobních odvětví. Množství odpadu činí až 20 % ze vstupních surovin. Tento textilní odpad, který se skládá zejména z kratších vláken, vyššího obsahu nečistot apod., bylo potřeba efektivně zpracovat jiným způsobem, než konvenčně šitím či pletením. Z tohoto důvodu se vyvinula např. technologie vpichování.

Z textilních odpadů tak bylo možno vyrábět textilie s vlastnostmi podobnými vlastnostem plstí. Zpracování technologických odpadů, ale i použitých sběrových textilií je dodnes jedním z důvodů výroby NT. [1]

3) 30. - 50. léta 20. století.

Důvodem rozmachu netkaných textilií v tomto období byla snaha najít levnější a efektivnější způsob výroby plošných textilií, než způsob výroby pletením, tkaním a následným šitím. Vyvíjeny byly způsoby spojování vláken a zpevňování vlákenných útvarů termickým a mechanickým způsobem či adhezivy. Mocnostmi v tomto odvětví byly Spojené státy Americké a také Česká republika. [1]

4) Současnost.

V druhé polovině 20. století se začínají objevovat zcela nové výrobky z netkaných textilií. Vyráběny jsou z takových materiálů s jedinečnými vlastnostmi, které by byly jinou výrobní textilní metodou realizovány špatně nebo vůbec. Na hospodářském trhu začíná odvětví výroby netkaných textilií zaujímat významnou pozici. Využití nacházejí NT při výrobě zdravotnických materiálů, konstrukčních materiálů, tepelných a zvukových izolací, ochranných oděvů, filtrů, prvků v automobilech a jiných vozidlech, kosmetický přípravků, oděvů, obuvi atd.

Výrobky a technologie se začínají objevovat i na pravidelných mezinárodních výstavách. [1]

1.2 Teorie netkaných textilií

Normovaná definice říká, že netkaná textilie je plošný tvar, rouno nebo pavučina, vyrobený ze směrově nebo náhodně orientovaných vláken, vázaných třením, kohezí nebo adhezí. Mezi netkané textilie nepatří papír a výrobky tkané, pletené, všívané, proplétané, obsahující vazné příze nebo nitě z nekonečných vláken, nebo výrobky plstěné valchováním za mokra, případně dodatečně vpichované. [3]

Tato definice se však s vývojem NT vyvíjí a někdy jsou polotovary či výrobky označovány za netkanou textilií, i když definici pro netkanou textilií nesplňují. Teorii okolo pojmu netkaná textilie je tak potřeba vnímat i trochu intuitivně.

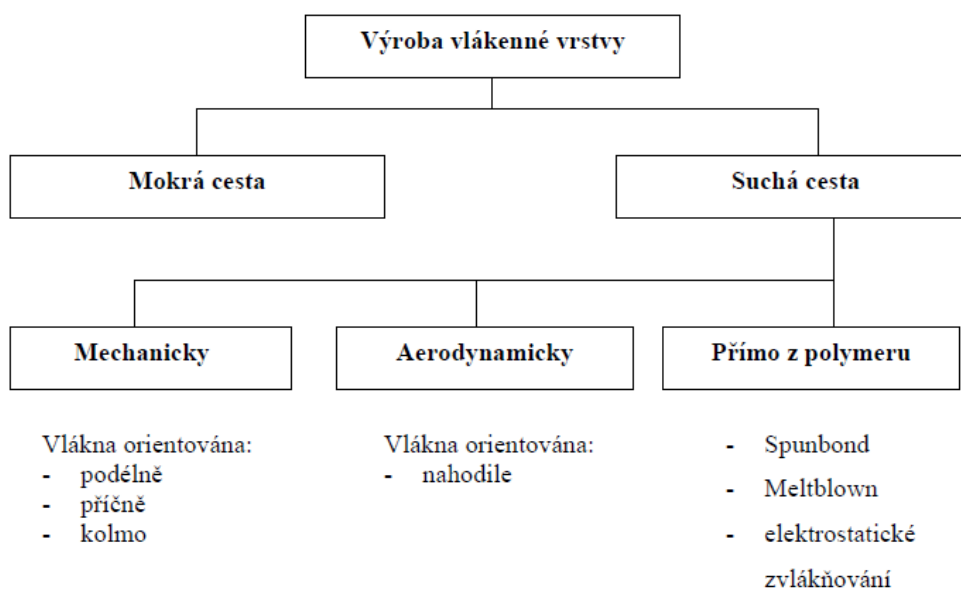
1.2.1 Způsoby výroby netkaných textilií

Dělení NT podle způsobu jejich výroby se dá rozdělit podle dvou kritérií :

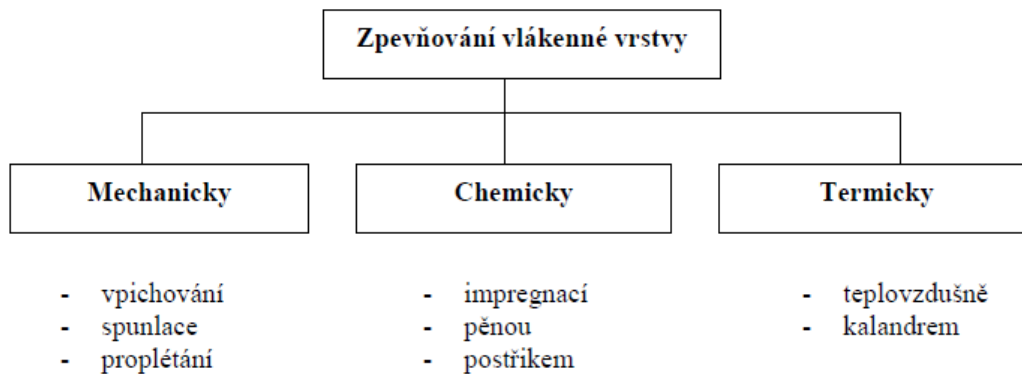
- a) Technologie výroby použité v jednotlivých výrobních krocích
- b) Způsobu zpevnění

Tato kritéria se však značně prolínají a úzce spolu souvisí.

ad a):



obr.1 Schéma rozdělení NT dle použitých technologií [1]



obr.2 Schéma rozdělení NT dle zpevnění vláknenných vrstev [1]

1.2.2 Příprava vláknenných vrstev suchou cestou

Příprava vláknenných vrstev při výrobě NT se většinou příliš neliší od přípravy vláknenných vrstev pro výrobu konvenčních „klasických“ textilií. Tudíž i zde můžeme přípravu vláknenných vrstev rozdělit dle způsobu na:

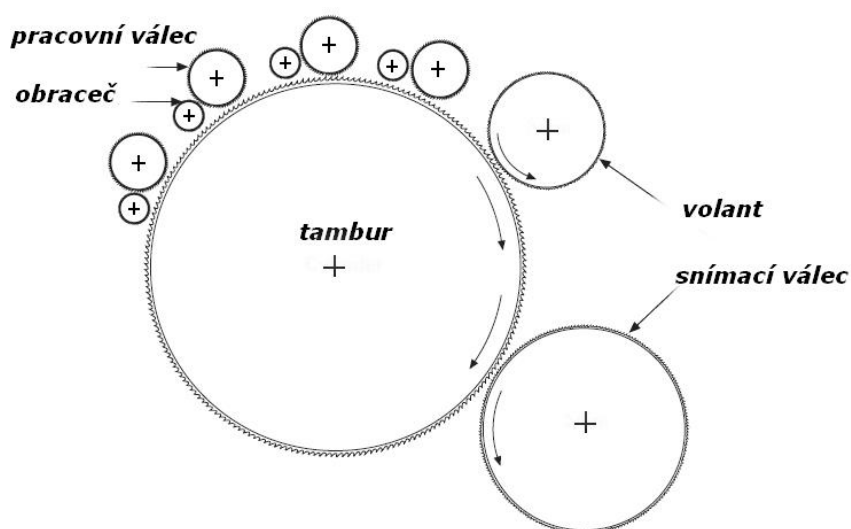
- a) mechanický
- b) aerodynamický
- c) přímo z polymeru (neplatí pro přírodní vlákna)

1.2.3 Mechanický způsob přípravy vláknenných vrstev

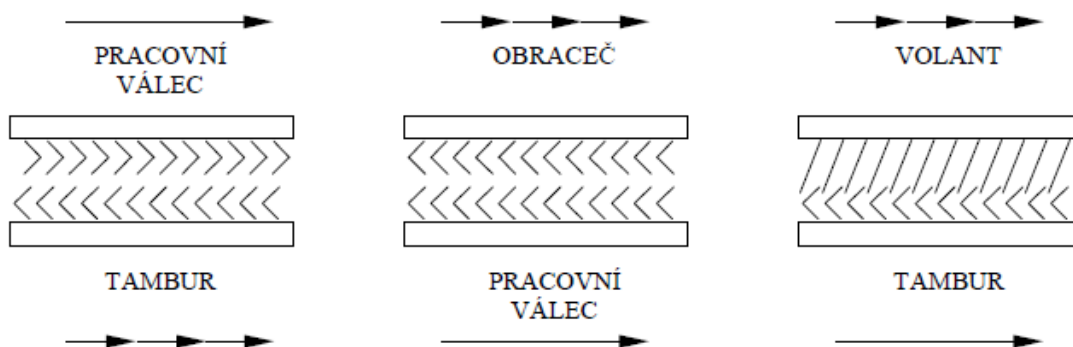
Tento způsob sestává z tzv. mykání a následného kladení. Účelem mykání je ojednotit vlákna ze vstupující suroviny - chomáčů vláken, vyloučení nečistot a krátkých vláken, urovnat vlákna do podélného směru, promíchání vláken, zvýšit stejnoměrnost a následně z těchto vláken vytvořit pavučinu nebo pramen (ten je však typický pro následné přádelnické operace, nikoliv pro výrobu NT).

Mykací stroje rozdělujeme na válcové (pro vlněná vlákna a chemická vlákna vlnářského typu) a víčkové (pro vlákna bavlněná a chemická bavlnářského typu).

Mykací stroj se dá označit jako soustava válců, po jejichž obvodech jsou drátkové nebo pilkové pracovní povlaky. Drátky, resp. hroty pilkových povlaků jsou na válcích ve vzájemném postavení na mykání (tambur - pracovní válec), na snímání (obraceč - pracovní válec) nebo povytažení (volant - tambur) - viz obr. 3 a 4. [1] [4]



obr.3 Schéma válcového mykacího stroje [6]



obr.4 Vzájemné postavení pracovních povlaků mykacího stroje včetně vyznačení rychlostí [1]

Tyto povlaky na jednotlivých válcích se liší výškou zubů, sklonem, materiálem, tuhostí atd. Povlaky jsou sundavatelné a po určité době je potřeba jejich obměna. Jejich parametry se také mohou lišit podle druhu zpracovávaného textilního materiálu.

Výstupem z mykacího stroje je pavučina. Ta se následně buď vrství (pro lehké netkané textilie do 100g/m^2) nebo jistým způsobem klade. Kladením či vrstvením se zvýší stejnoměrnost textilního útvaru, zvýší se pevnost a plošná hmotnost. [1]

1.2.4 Způsoby kladení pavučiny

Podle způsobu kladení pavučiny a geometrických souvislostí je můžeme rozdělit na následující typy:

a) příčné kladení

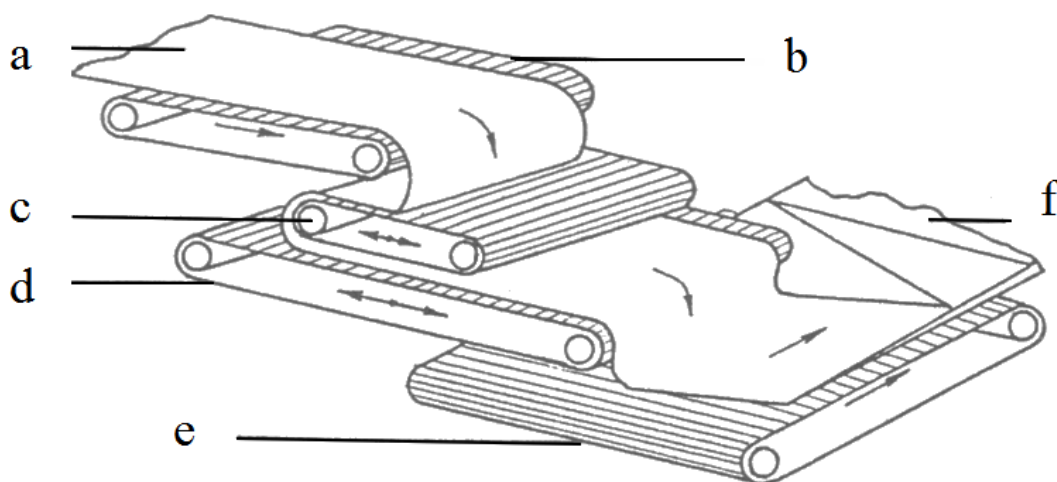
- dají se použít dva typy kladečů - vertikální a horizontální, viz obr. 5 a 6;

b) kolmé kladení

- pomocí kolmého kladeče



obr.5 Vertikální příčný kladeč pavučiny v dílně KNT [2]



obr.6 Schéma horizontálního příčného kladeče pavučiny: a) pavučina, b) kladecí dopravník, c) kompenzační dopravník, d) kladecí dopravník, e) odváděcí dopravník, f) příčně vrstvené rouno [1]

1.3 Zpevnění vláknenných vrstev vpichováním

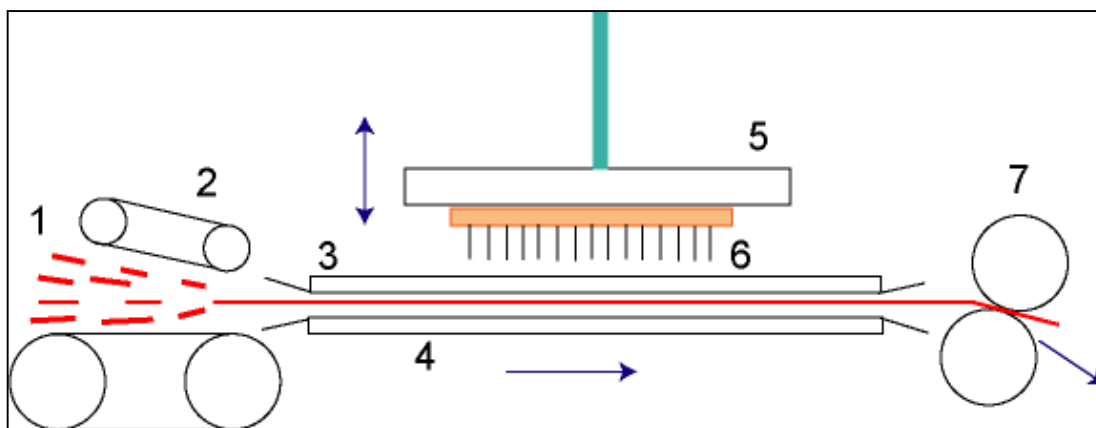
Technologie vpichování je jednou z nejrozšířenějších a nejstarších metod zpevnění vláknenných vrstev. Byla vyvinuta jako náhrada plstění. Principem této metody je provazování vláknenné vrstvy svazky vláken, vzniklými přeorientací části vláken účinkem jehel, na kterých jsou ostny.

Během procesu vpichování dochází k těmto změnám:

- značná přeorientace většiny nebo všech vláken
- redukce tloušťky vláknenné vrstvy
- změna rozměrů vláknenného plošného útvaru. [1] [2]

Vstupním zařízením (dvojice válců, vibrující rošt nebo šikmé dopravníky proti sobě) je vláknenná vrstva přiváděna vstupním zařízením mezi dva perforované rošty. Vpichovací jehly, připevněné v jehelné desce, pronikají otvory v roštech a tento pohyb se periodicky opakuje. Ostny jehel zachytávají skupiny vláken vrstvy, přeorientovávají je kolmo k podélnému směru a protahují vrstvou.

Vrstva je posunována odtahovými válci po spodním roštu, tzv. opěrném. Při zpětném pohybu soustav jehel zabezpečí vrchní, tzv. stěrací rošt vysunutí jehel z vláknenné vrstvy - viz obr.7.



obr.7 Schéma vpichovacího stroje: 1 - vlákenná vrstva, 2 - vstupní ústrojí, 3 stěrací rošt, 4 - opěrný rošt, 5 - jehelná deska, 6 - vpichovací jehly, 7 - odtahové ústrojí [2]

Míra zpevnění vlákenné vrstvy souvisí mimo jiné s počtem vpichů na jednotku plochy vrstvy. Produkce stroje je tedy funkcí počtu jehel v jehelné desce a dosažitelné frekvence jehelné soustavy. Přitom síla působící na každou jehlu v okamžiku jejího průchodu vrstvou může být značně vysoká - až 10 N. To vyvolává potřebu masivní konstrukce roštů, jehelné desky a pohybového ústrojí.

Při plánované velké redukci tloušťky zpracovávané vlákenné vrstvy se mohou použít předvpichovací stroje, které zabezpečují rovnoměrné ztenčení vlákenné vrstvy před vstupem do vpichovacího stroje, představují však další investiční náklady. [1] [2]

1.3.1 Parametry procesu vpichování

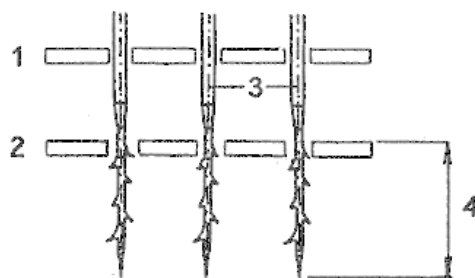
Základními parametry procesu vpichování je počet vpichů a hloubka vpichu

Pro počet vpichů (N_p) na jednotku plochy textilie platí rovnice (1)

$$N_p = \frac{a \cdot f \cdot p}{v} \quad (1),$$

- kde N_p ... počet vpichů / m^2
 a celkový počet jehel na 1 m vpichovací desky
 f frekvence desky (s^{-1})
 p počet průchodů textile strojem
 v odváděcí rychlost textilie (m/s).

Hloubka vpichu je vzdálenost špiček jehel od pracovní plochy opěrného roštu v dolní úvratí pohybu jehel (v milimetrech, obvykle 5-25) - viz obr. 8.

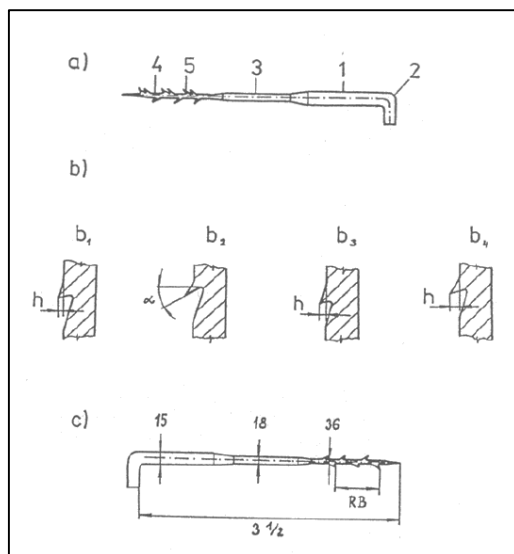


obr.8 Znázornění hloubky vpichu: 1 - stírací rošt, 2 - opěrný rošt,
3 – vpichovací jehla, 4 - hloubka vpichu [1]

Vedlejšími parametry procesu vpichování jsou typ a způsob rozmístění vpichovacích jehel, tahové vlastnosti, délka, jemnost a povrchové vlastnosti zpracovávaných vláken.

1.3.2 Vpichovací jehla

Také vpichovací jehly se mohou lišit svými rozměry, tvarem ostnů apod., viz obr.9 .



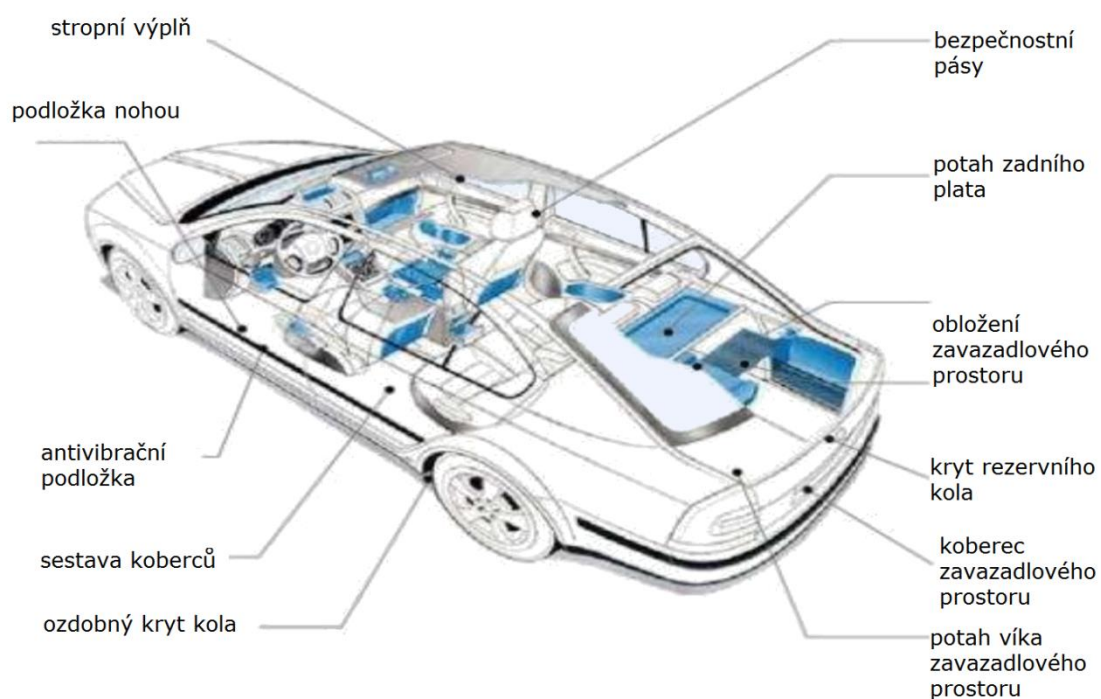
obr.9 Vpichovací jehla a její typické rozměry: a) 1 - stvol, 2 - kolínko, 3 - redukováná část, 4 - pracovní část, 5 – ostn
b) různé tvary a výšky ostnů
c) ilustrace k příkladu označení jehly [1]

Rozměry a tvar vpichovacích jehel jsou poměrně variabilní a existují jejich katalogové seznamy. Každý typ jehly má svoje označení, z kterého lze odečíst její rozměry apod.

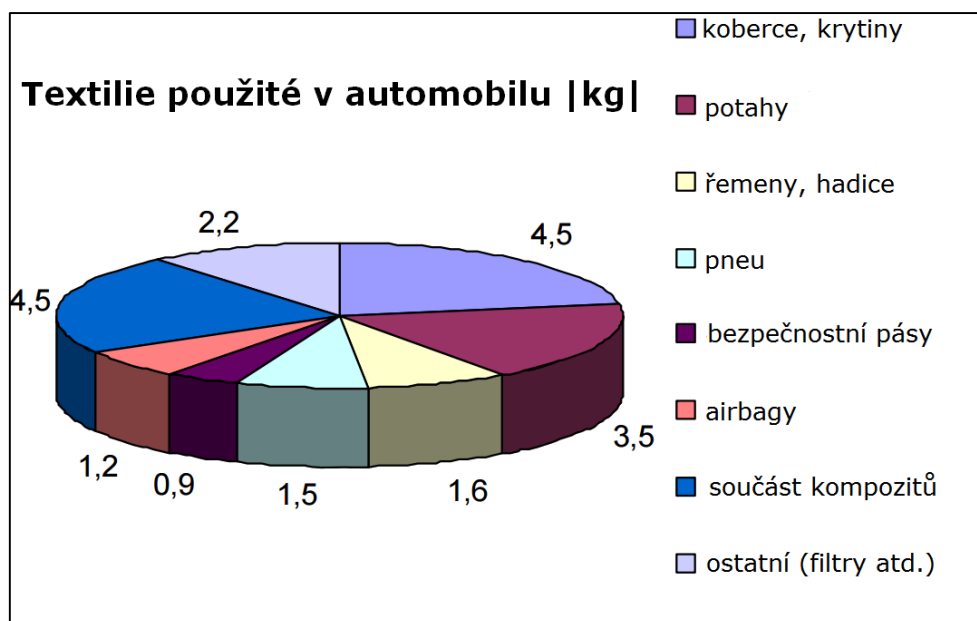
1.4 Využití textilií v automotive

V angličtině se pro textilie používané v automotive odvětví používá někdy výraz „mobiltech“. Zahrnuje všechny technické textilie (vlákna, příze, tkaniny, pleteniny, netkané textilie...) použité jak v interiéru a konstrukci vozidel, tak i v motorové části, ale i ty, používané ne přímo na vozidle. Tím máme na mysli např. ochranné helmy pro motoristy nebo ochranné plachty vozidel.

Dnes je automobilový průmysl největší spotřebitel technických textilií - v každém celosvětově vyrobeném autě se jich použije okolo 20 kg. To činí asi 1,5 -2 % celkové hmotnosti auta. V posledních desetiletích zaznamenaly technické textilie v automotive průmyslu značný nárůst využití a spotřeby. [5] [7]



obr.10 Ukázka některých textilních výrobků použitých v automobilu [5]



obr.11 Zastoupení textilních výrobků v automobilu v kg [8]

1.4.1 Netkané textilie v automobilu

Podle [9] se pouze v interiéru jednoho automobilu nachází 33 m² textilií, z čehož netkané textilie tvoří průměrně 3,64 m². To tedy činí přes 10% všech interiérových textilií. Pokud k tomu připočteme NT, které jsou mimo interiér, jako filtrace, zvukové izolace a další, je to už značné množství. Důvodem jejich stále častějšího využití je jejich nízká hmotnost a nižší cena, než u jiných materiálů, ale netkané textilie svými vlastnostmi většinou i převyšují ostatní, dříve používané materiály. Jako příklad můžeme uvést schopnost pohlcování zvuku. Často jsou však použity v kombinaci s tkaninami či pleteninami, či netextilními materiály jako součást kompozitů. [9]

Netkané textilie se dají podle použití a umístění ve vozidle rozdělit na

- a) viditelné, dekorační
- b) konstrukční.

Někdy však splňují obě funkce, tedy jak konstrukční, tak dekorační jako vrchní nebo jediná vrstva výrobku. Z technologií výroby netkaných textilií dominují spun-bond (66%) a vpichování (27 %). Mezi materiály vláken převládají polyester (PET) a

polypropylen (PP) , a to zejména díky jejich dostupné ceně a dobré odolnosti proti UV záření. Používá se také Nylon, a to převážně u všívaných koberců, potahů stropů a sedadel v kombinaci s tkanými, pletenými nebo všívanými svrchními textiliemi.

Trochu překvapivě mohou být rozdíly v míře a rozložení použití na jednotlivé výrobky mezi výrobcí z Ameriky a výrobcí z Evropy. [9]

1.4.2 Příklady použití netkaných textilií v automobilu

Do sedaček se netkané textilie příliš nezabudovávají, nicméně existují luxusní imitace kůže, které jsou realizovány vpichovanými mikrovlákny z polyesteru. Mohou se však objevit v nestykových plochách, např. z boku ve dveřích jako čalouněné potahy apod.

Velkou míru použití mají netkané textilie v kobercích. Mohou být jako jediná vrstva, nebo jako podpůrná sekundární vrstva. Autokoberce se vyrábí technologií všíváním a vpichováním - technologie výroby netkaných textilií. V Evropě a v Japonsku je všíváním vyrobena jedna třetina celkové produkce, používají se zejména polyamidová vlákna. Zbýlé dvě třetiny produkce tvoří technologie vpichování, při které se používají převážně polyesterová a polypropylenová vlákna. Koberce vyrobené všívanou technologií jsou více odolné proti protržení a déle odolávají opotřebování. Koberce vyrobené vpichováním se ale lépe tvarují podle požadovaného tvaru a rozměrů v automobilu. Všívané koberce mají buď smyčkový (tažený) nebo řezaný vlas, který se používá takřka ve všech případech. Smyčkový vlas bývá používán pouze pro speciální efekty. Podkladovou textilií u všívaných koberců jsou netkané textilie vyrobeny technologií spun-bond. [10]

Obecný nárok na autokoberce je mít dobrou tvarovatelnost tvarovou stálost po zabudování do automobilu, a to až do konce životnosti automobilu. [10]

Rozměrová stálost autokoberců musí vytrvat i při výkyvech teplot a vlhkosti během roku. Do autokoberců se používá vrstva sulfátu baria, která má zvukově absorpční schopnosti, ta je na rub vrstvena a poté zalisována. Protihlukové schopnosti izolace autokoberců je dosaženo kombinací mezi těžkou vrstvou a flexibilní lehkou vrstvou. [10]

Stropní potahy a čalounění jsou dalším využitím pro netkané textilie. NT jsou zde jako spodní vrstva pod svrchní tkaninou. Čalounění tvoří až 7 vrstev různých materiálů, z nichž každá vrstva má důležitou funkci ve specifických vlastnostech finálního výrobku. Jádrem obvykle tvoří vrstva polotuhé, teplem tvarovatelné polyuretanové pěny o tloušťce 15 - 30 mm.

Někdy se používají k vytvoření jádra vlákna z odpadních materiálů, která jsou pojena syntetickou pryskyřicí. Na takto připravené jádro je z obou stran nalepena vrstva skleněných vláken, která je spojena s jádrem pomocí termoplastického prášku nebo filmu. Skleněná vlákna mají hlavní vliv na požadovanou celkovou tuhost stropního čalounění. Dříve se technologie výroby nelišila pro část lepenou ke střeše automobilu a část pohledové z interiérové strany automobilu. Dnes se však způsob výroby obou vrstev liší - vrstva, která je určena k nalepení na karoserii automobilu je netkaná textilie, na pohledovou část se ještě lepí dvě vrstvy - vrstva polyuretanové pěny a vrstva dekorativní. Vrstvy jsou k sobě vzájemně spojeny pomocí termoplastického prášku nebo filmu, tento proces probíhá v horké komoře laminovacího stroje za současného působení vysoké teploty a tlaku. Tím je vytvořen požadovaný tvar stropního čalounění, které u luxusnějších a větších automobilů může mít i více vrstev, tím pádem i větší tloušťku, takže lépe izolují proti zvuku, teplu a mají vyšší tuhost. [7] [10]

K obložení zavazadlového prostoru (asi 4m²) je použito technologie vpichování vláknenné vrstvy z polyesterových nebo polypropylenových vláken. Nárok je kladen na vzhled, tvarovatelnost a izolační schopnost proti hluku. V tomto případě vzniká hluk od kol zadní nápravy. Dalšími nároky jsou nízká hmotnost, dobrá čistitelnost, tvarovatelnost a dostupná cena. Někdy se používají na výrobu izolace i přírodní vlákna jako konopí či sisalu. [10]

Ve filtrech tvoří netkané textilie minimálně jednu z několika vrstev. Vlákna, nejčastěji polypropylenová, mají obvykle profilovaný průřez, aby se zvýšil měrný povrch a tím i zachytávací plocha pro nečistoty. Navíc jsou vrstvy složeny „harmonikovitě“. U automobilových kabinových filtrů se do vláknenných vrstev přidává i aktivní uhlík a elektrostatický náboj, což napomáhá zachytávání pevných částic a také nepříjemných pachů zvenčí.

1.5 Syntetická vlákna

Jako syntetické vlákno se dá označit takové vlákno, které je vyrobeno z vláknitvých syntetických makromolekulárních látek = polymerů, vznikajících polyreakcemi z jednoduchých chemických látek = monomerů. Svými vlastnostmi, z nichž některé, jako teplotní odolnost, tahová pevnost, pružnost apod. lze téměř libovolně měnit, se vyrovná nebo i překoná přírodní vlákno. Vyznačuje se nižší hustotou, pevností, odolností proti oděru, pružností, rozměrovou stálostí, odolností proti atmosférickým vlivům, přičemž výrobky z něho zhotovené se většinou snadno ošetřují. [11]

Počátek výroby a uplatnění syntetických vláken v textilním a oděvním průmyslu spadá do poloviny 30. let 20. stol. a jejich technický vývoj neustále pokračuje. K hlavním druhům syntetických vláken pro netkané textilie patří polyamidová, polyesterová, polyakrylonitrilová, polypropylenová, a viskózová. [6] [11]

Polyesterová vlákna (PES)

Základní surovinou k výrobě polyesterových vláken je ropa. Polyesterové vlákno je svým chemickým složením velmi vhodné k modifikaci, tedy úpravám příměsí chemických sloučenin a k zušlechtění mechanickým nebo pneumatickým tvarováním.

Zvlákněje se z taveniny do šachty, následně dlouží, popřípadě sdružuje do kabelu, který se dále řeže na stříž, nebo trhá na trhanec. vznikají různě jemná, profilovaná, popřípadě bikomponentní vlákna.

Typické vlastnosti:

- + tvarová stálost, snadná údržba, modifikovatelnost, světelná odolnost, nenavlhavost, nízká hmotnost
- žmolkovitost přízí v hotových výrobcích, elektrostatický náboj, vyšší špinivost

Použití:

- směsová komponenta do přízí s bavlnou či vlnou, tepelně izolační vrstvy oděvních výrobků (funkční oblečení), bezpečnostní pásy atd. [12] [15]

Polyamidová vlákna (PA)

Existuje jich řada typů, nejznámější však jsou PA 6, PA 6.6. Chemickou podstatou jsou blízká vlně. Zvlákňují se z roztaveného polymeru do šachty, kde je možné profilovat průřez vláken (příp. mikrovláken). Následným dloužením vlákno získává konečné, zejména mechanické, vlastnosti. Na závěr je potřeba termofixace.

Typické vlastnosti:

- + tvarová stálost, pružnost, snadná údržba, vysoká oděruvzdornost, dobrá barvitelnost, odolnost plísním
- poměrně nižší teplotní odolnost, malá odolnost kyselinám, vznik elektrostatického náboje, malá odolnost UV záření

Použití:

- punčochové zboží, směsování s jinými vlákny, sportovní oblečení, tepelně-izolační výplně oděvních výrobků a příkrývek, šicí nitě atd. [13] [15]

Polyakrylonitrilová vlákna (PAN)

Polyakrylonitrilová vlákna obecného vzorce 1.9 vznikají polymerací akrylonitrilu. Omakovými vlastnostmi se podobají vlněným vláknům. Zvlákňují se za sucha i mokra, obsahují mikropóry. Obvykle se používají do kopolymerů, kde tvoří hlavní složku.

Typické vlastnosti:

- + příjemný omak, , malá měrná hmotnost, dobré termoizolační vlastnosti, nízká cena (o 30% méně než PAD, PES), solidní odolnost UV záření
- vyšší oděr, nízká navlhavost, sklon ke žmolkování, vznik elektrostatického náboje, vysoká hořlavost

Použití:

- ve směsi s bavlnou/vlnou u oděvních výrobků, levné příkrývky, nábytkové potahy, imitace kožešiny atd. [15]

Polypropylenová vlákna (PP)

Vznikají polymerací propylenu. Zvláknují se z taveniny, poté se chladí v chladicí šachtě a následně se mohou dloužit. Při dloužení vzniká fibrilární struktura. Lze u nich ovlivňovat takticitu a tím ovlivňovat vlastnosti jako teplota tání, hustota nebo pevnost. Mají „voskový“ omak.

Typické vlastnosti:

- + nevzniká elektrostatický náboj, oděruvzdorné, nízká měrná hmotnost, dobré termoizolační a elektroizolační vlastnosti, dobrá chemická odolnost
- špatná barvitelnost, tepelná sráživost, nízký stupeň zotavení, nepříjemný omak, špatná odolnost UV záření

Použití:

- umělé trávníky, geotextilie, přísady do betonů, koberce, kartáčnické výrobky, pletené sportovní oděvy a prádlo atd. [15]

Viskózová vlákna

Spadají pod chemická vlákna z přírodních polymerů, především celulózy. Vyrábějí se složitějším postupem, který je velmi neekologický. Mají fibrilární strukturu, kde se střídají krystalické a amorfni části. Typický je jejich laločnatý průřez. Existuje řada modifikací viskózových vláken pod názvy jako Tufcel, Lyocel, Viloft, Prima atd. Tím se významně zvětšuje rozmanitost vlastností.

Typické vlastnosti:

- + dobrá modifikovatelnost, příjemný omak, dobrá barvitelnost, nemačkovost, lesk
- silně navlhavé a bobtnavé, čímž ztrácejí mechanické vlastnosti; horší vypratelnost, teplotní sráživost, horší biologická odolnost

Použití:

- náhražky hedvábí, směsové příze s bavlnou/vlnou/syntetickými vlákny na vrchní oděvy, pletené spodní prádlo atd. [15]

1.6 Teorie hoření a další pojmy

Jako hoření označujeme každou chemickou oxidačně-redukční reakci, při které látky rychle reagují s oxidačním prostředkem. Při této reakci vzniká teplo (jedná se tedy o exotermickou reakci), světlo (plamen) a produkty hoření - kouř.

K tomu, aby mohlo hoření probíhat, je zapotřebí přítomnost následujících činitelů:

- hořlavá látka

– látky v pevném, kapalném a plynném skupenství, které za určitých podmínek reagují s oxidovadlem a tím se podílí na rozvoji hoření

- oxidační prostředek

- nejčastěji vzdušný kyslík, ale patří sem i látky kyslík uvolňující, dále např. chlor, některé kyseliny apod.

- iniciační energie

– tepelné zdroje, zdroje vzniklé přeměnou jiné energie na tepelnou (např. mechanická, chemická, světelná, elektrická). [16]



obr.12 Činitele hoření [17]

Bez přítomnosti jednoho z činitelů hoření nemůže probíhat. Hořlavá látka a oxidační prostředek tvoří tzv. hořlavý soubor. S procesem hoření obecně je spjata několik důležitých pojmů, které jsou představeny níže.

Hořlavé látky jsou látky v pevném, kapalném a plynném skupenství, které za určitých podmínek reagují s oxidovadlem a tím se podílí na rozvoji požáru (tedy hoří).

Zápalná teplota je obecnější název pro několik dalších pojmů v této kapitole.

Teplota vzplanutí je nejnižší teplota, při které se z hořlavé látky, za přesně definovaných podmínek, odpaří tolik hořlavých par a plynů, že jejich směs se vzduchem, při přiblížení zkušebního plaménku, vzplane a ihned uhasne.

Teplota hoření je nejnižší teplota, při které se z hořlavé látky, za přesně definovaných podmínek, odpaří tolik hořlavých par a plynů, že jejich směs se vzduchem, při přiblížení zkušebního plaménku, vzplane a hoří bez přerušení dále.

Teplota vznícení je nejnižší teplota, při které se hořlavá látka, za přesně definovaných podmínek, ve směsi se vzduchem sama bez iniciace vznítí (jako iniciační energie zde působí teplota sama).

Teplota samovznícení je nejnižší teplota, při které začínají v látce bez vnějšího přívodu tepla exotermické procesy, které vedou k samovznícení. Teplo potřebné k zapálení látky vzniká z látky samotné jako důsledek chemických, fyzikálních nebo biologických pochodů.

Teplota žhnutí je nejnižší teplota, při níž bez působení otevřeného plamene dochází ke žhnutí.

Výhřevnost látky (v $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$) je množství tepla na jednotku hmotnosti, které vznikne při dokonalém spálení látky a které se při požáru může uvolnit.

Dokonalé hoření je takové hoření, při kterém je dostatek oxidačního činidla a při reakci dále nevznikají produkty, které jsou schopné dalšího hoření.

Nedokonalé hoření je hoření za nedostatku oxidačního činidla, při této reakci vznikají další hořlavé a často i výbušné látky.

Limitní kyslíkové číslo vyjadřuje nejnižší koncentraci kyslíku ve směsi s dusíkem, která je potřeba na to, aby materiál hořel. Pro limitní kyslíkové číslo platí vztah (2), neboli

$$LOI (LK\check{C}) = \frac{|O_2|}{|O_2| + |N_2|} \cdot 100 \quad \% \quad (2),$$

kde $|O_2|$ je koncentrace kyslíku ve směsi, a $|N_2|$ je koncentrace dusíku ve směsi. [16]
[17]

1.6.1 Hoření textilií

Hoření textilií jako hoření i jiných materiálů je sled několika po sobě jdoucích pochodů, které můžeme rozdělit na následující etapy:

1. Reakce do zapálení

Dochází k uvolnění mezimolekulárních vazeb a ke změnám nadmolekulární struktury syntetických vláken. Děje se tak mezi teplotou zesklňování (T_g) a teplotou tání (T_t). Při dalším navýšení teploty dochází k depolymerizaci a degradaci nadmolekulárního řetězce. Rychlost procesu závisí na teplotě pyrolýzy (T_p).

2. Zapálení

Při zapálení je nutné rozlišovat mezi zapálením vnějším zápalným zdrojem zápalnou teplotou T_z a samozapálením / samovznícením / bez vnějšího zápalného zdroje. Tento pochod je endotermický.

3. Hoření

Probíhá při potřebném množství iniciační energie, oxidačního prostředku a hořlavé látky. Viz kapitola 1.6.3 - hoření.

Syntetické textilní materiály, používané na netkané textilní aplikace jsou z chemického hlediska organické polymery. Z hlediska hoření je třeba je chápat stejně, jako jiné netextilní polymerní materiály. Při hoření, resp. působení tepla se tedy tak i chovají. Organické polymery jsou většinou hořlavé, a tak mohou představovat riziko při vzniku požáru. Primárně se rozpadají nejslabší chemické vazby a dále pak nastávají i různorodé degradace materiálu.

Jako ostatní materiály, tak i textilní materiály jsou charakterizovány svojí teplotou pyrolýzy a zápalnou teplotou. Obecně lze říci, že čím nižší jsou tyto teploty pro daný materiál, tím je materiál více hořlavý. Struktury s větvenými řetězci, násobnými

vazbami nebo s atomy kyslíku v řetězci snižují tepelnou odolnost. Naproti tomu aromatické kruhy v řetězci, vyšší molekulová hmotnost řetězce nebo zesíťování řetězců tepelnou odolnost zvyšují. Další důležitou veličinou je limitní kyslíkové číslo. Čím je nižší, tím materiál snadněji hoří.

Hoření způsobuje u polymerních materiálů degradaci následky jako je:

- odštěpení monomerních jednotek na koncích řetězců
- odštěpení monomerních jednotek v různých místech řetězců
- odštěpení bočních částí řetězců
- zesíťování řetězců

apod.

Textilie mohou znamenat riziko požáru i nepřímo, třeba i když jsou jinak považovány za nehořlavé. Například tehdy, když způsobí elektrický výboj a v okolí je již hořlavý plyn.

Někdy však riziko nebezpečí ani tolik nepředstavují samotné textilní materiály jen v pevném skupenství. Nebezpečí může vzniknout při styku s ohněm nebo žhavým předmětem, který textilní materiál roztaví a následně se uvolní těkavé výpary do okolního ovzduší a v kombinaci s vysokou teplotou mohou způsobit explozi.

Pro použití ve vysokoteplotních aplikacích se nejčastěji používají vlákna p-Aramidová, m-Aramidová, fenolová, arimidová atd., jenž mají LKČ min. 30, někdy i mnohem vyšší, a jejich využitelný rozsah teplot nebývá nižší než 400 °C. Je to dáno např. tím, že v řetězcích těchto polymerů je poměr vodík : uhlík < 1, takže při teplotách do 400-500 °C se z nich uvolňuje jen minimum výparů podporujících hoření. [18] [19]

1.6.2 Působení tepla na textilie

Teplo, které vznikne při hoření, má samozřejmě vliv na textilní materiál, a to co se týče chemických a fyzikálních změn.

Fyzikální změny nastávají u termoplastických vláken a probíhají mezi teplotami T_g a T_t . Chemické změny nastávají při teplotě T_p , kdy dochází k termické degradaci (pyrolýze) a také T_z , kdy dochází k oxidaci a hoření

Velikost teplot T_g , T_t , T_p a T_z charakterizuje odolnost textilních vláken vůči působení tepla a plamene. Pokud je přítomen kyslík a teplota je vyšší, než T_z , pak hořlavé těkavé látky a plyny se během hoření přeměňují na oxid uhličitý a vodu. Chemické složení vznikajících plynů závisí na chemickém složení textilních vláken. U vláken obsahujících dusík vzniká vysoká koncentrace kyanovodíku; u polyvinylchloridových vláken vzniká chlorovodík; u vláken, která neobsahují chlor a dusík, vzniká hlavně oxid uhelnatý. [18]

1.7 Nehořlavé úpravy textilií

Tyto úpravy slouží logicky k omezení hořlavosti textilií, které se používají v těch aplikacích nebo místech, kde je zvýšené riziko požáru, nebo které se u požáru přímo používají. Rovněž tyto úpravy slouží i k omezení sekundárních jevů, vyplývajících z hoření nebo tavení textilií. Tyto jevy jsou především odkapávání taveniny, tvorbu dýmu a toxických zplodin. Plamen i sekundární jevy mohou být životu nebezpečné.

Existují 4 teorie na retardaci hoření polymerů.

a) Teorie vrstvy

Spočívá ve vytvoření ochranného filmu na povrchu polymeru. Ten zabraňuje přístupu vzduchu k zóně hoření. Uplatňuje se u anorganických sloučenin.

b) Teorie ochlazování

Voda, chemicky vázaná v retardéru hoření, je uvolňována a odpařována a tím odčerpává energii ze zóny hoření.

c) Teorie plynová

Vychází ze snižování teploty pyrolýzy u celulózových vláken. Pyrolýza pak proběhne při nižší teplotě, tudíž se nejdříve tvoří jednak uhlíkatý zbytek na úkor hořlavého levoglukosanu, a jednak vznikají nehořlavé plyny a páry (N_2 , CO_2). Ty zředí okolní atmosféru a tím redukuje přístup vzduchu k zóně hoření a snižují koncentraci hořlavých zplodin v zóně hoření.

d) Teorie chemická

Tato teorie byla nejdříve vypracována pro retardaci hoření celulózy. Funguje např. na principu zvýšení teploty pyrolýzy. Vlákně se stává termicky stabilnější a to je jedna z příčin, proč vlákna Nomex a Kevlar jsou relativně odolná vůči působení plamene. [18]

1.8 Normy

Jsou vyjádřením požadavků na to, aby výrobek, proces nebo služba byly za specifických podmínek vhodné pro daný účel. Stanoví základní požadavky na kvalitu a bezpečnost, slučitelnost, zaměnitelnost, ochranu zdraví a životního prostředí.

Usnadňuje volný pohyb zboží v mezinárodním obchodu, snaží se, aby výroba byla racionální, aby se ochrana životního prostředí a konkurenceschopnost vzájemně podporovaly, aby na vnitřním trhu byli spotřebitelé dostatečně chráněni.

V současné době je technická norma kvalifikované doporučení, není závazná. Její používání je dobrovolné, avšak všestranně výhodné.

Norma je veřejně dostupný dokument. To znamená, že je přístupná ve všech fázích vzniku a používání v praxi.

Je to dokument založený na souhlasu všech zúčastněných stran se zásadními otázkami řešení. Tím se norma liší od právních předpisů, které mohou vznikat bez projednání a souhlasu všech, jichž se týkají.

Druhy norem se liší podle obsahu, který je určující pro účel jejich použití (terminologické, základní, zkušební, normy výrobků, bezpečnostní předpisy, normy postupů/služeb, řízení jakosti, rozhraní atd. [20])

Normy mohou být platné celosvětově (ISO), na světadílu (př. EN), v jednom státu (př. ČSN), nebo jen v rámci koncernu či jednoho podniku.

Označení normy se skládá ze značky normy a třídícího znaku, např.

ČSN 01 0197 - česká norma

ČSN ISO 690 - česká přejatá norma

ČSN IEC 51-2 - česká přejatá norma

IEC 51-2 - evropská norma

EN 15376 - evropská norma

ISO 690 - mezinárodní norma. [21]

1.8.1 České technické normy

Zkráceně ČSN. Každá původní česká technická norma, která se může vytvářet pouze v oblastech, ve kterých neexistují normy evropské nebo mezinárodní, má značku ČSN (např. ČSN 73 4301) a tvoří pouze cca 10% z celkové roční produkce technických norem v České republice. Ostatních 90% technických norem tvoří přejaté evropské nebo mezinárodní normy (označení viz. kapitola 1.8) .

Technické normy jsou přejímány do soustavy ČSN:

- překladem (asi 60% z celkového počtu přejatých norem)

tzn. že v české normě za národní titulní stranou (stranami) s potřebnými informačními údaji v českém jazyce následuje text v českém jazyce, doplněný v případě potřeby o národní přílohu,

- převzetím originálu

tzn. že v české normě za národní titulní stranou (stranami) s potřebnými informačními údaji v českém jazyce následuje text anglického (případně i jiného) originálu doplněný v případě potřeby o národní přílohu,

- schválením k přímému používání

tzn. že používání evropské normy je vyhlášeno ve Věstníku ÚNMZ a pokud zákazník normu požaduje, obdrží text anglického originálu vložený v obálce s názvem a označením normy v českém jazyce. [20]

1.8.2 Německé národní technické normy

Zkráceně DIN (Deutsche Industrie-Norm). Vydává je Německý ústav pro průmyslovou normalizaci (rovněž zkratka DIN). Od roku 1951 je DIN členem mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO) a má také za úkol přenášet do Německa mezinárodní standardy a naopak v ISO prosazovat německé zájmy. V bývalém Československu a i v České republice se řada norem DIN běžně přejímala jako ČSN a užívala. V poslední době je nahrazují normy ISO a z praktických důvodů i americké normy ANSI. [22]

1.8.3 Podnikové normy

Podniková norma je vnitropodnikový dokument, který spadá do působnosti podniku. Zákoník v platném znění pojem podniková norma vůbec nezná. Podnikové normy jsou duševním majetkem podniku, který je vydal. V současnosti neexistuje žádný centrální seznam, neexistuje jejich distribuce. Jejich přístupnost je dána pouze vnitřními předpisy podniku. Podnikové normy nejsou veřejnou listinou a záleží jen na podniku, komu je poskytne.

1.9 Zkoušky hořlavosti plošných textilií

Existuje vícero zkoušek pro testování hořlavosti textilií. Ty jsou někdy dále rozděleny většinou podle toho, jaký typ textilie se zkouší (oděvy, bytové textilie, vícekomponentní textilie...). Lišit se mohou i podle geometrického uložení testovaného vzorku; ten může být umístěn svisle, vodorovně, šikmo, do oblouku atd. Někdy není norma určena jen pro textilie, nýbrž pro jakékoliv druhy materiálů, které mohou být použity na testovaném výrobku.

V této kapitole budou ve stručnosti představeny nejčastější normalizované zkoušky soustavy ČSN pro testování hořlavosti plošných, technických textilií.

Textilie - Hořlavost - Zjišťování snadnosti zapálení svisle umístěných zkušebních vzorků (ČSN EN ISO 6940)

Touto metodou se stanoví snadnost zapálení svisle umístěných plošných textilií a průmyslových výrobků ve formě jednokomponentních nebo vícekomponentních textilií

při kontaktu s malým, definovaným plamenem za stanovených podmínek. Je možné jí rovněž zjišťovat vliv švů nebo součástí ozdob na chování plošných textilií. Podstatou zkoušky je působení definovaným plamenem po dobu 10 s na plochu nebo na spodní hranu textilie umístěné ve svislé poloze.

Textilie - Hořlavost - Měření rychlosti šíření plamene u svisle umístěných zkušebních vzorků (ČSN EN ISO 6941)

Tato metoda, kterou se zjišťuje doba šíření plamene, se používá k posuzování vlastností plošných textilií a průmyslových výrobků ve formě jednocomponentních nebo vícekomponentních textilií při kontaktu s plamenem za stanovených podmínek. Je možné jí rovněž zjišťovat vliv švů nebo součástí ozdob na chování plošných textilií. Podstatou zkoušky je působení definovaným plamenem po dobu 10 s na plochu nebo na spodní hranu textilie umístěné ve svislé poloze.

Nábytek - Hodnocení zápalnosti čalouněného nábytku - Část 1: Zdroj zapálení - doutnající cigareta (ČSN EN 1021-1)

Tato evropská norma stanoví postup pro hodnocení zápalnosti kombinací materiálů, jako např. potahů a výplní používaných v čalouněném sedacím nábytku, který je vystaven doutnající cigaretě jako zdroji zapálení. Zkouška hodnotí pouze zápalnost kombinací materiálů používaných v čalouněném sedacím nábytku a nikoli zápalnost hotových kusů nábytku, které tyto materiály obsahují.

Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Metoda zkoušení pro omezené šíření plamene (ČSN EN ISO 15025)

Tato norma specifikuje metodu pro stanovení vlastností při omezeném šíření plamene svisle orientovaných textilií a průmyslových výrobků ve formě jednoduchých nebo vícesložkových textilií (povrstvených, prošíváných, vícevrstevných, laminovaných a podobných kombinací), když jsou vystaveny malému definovanému plameni. Tato zkušební metoda není vhodná na materiály jež vykazují rozsáhlé tavení nebo srážení.

Silniční vozidla, traktory, zemědělské a lesnické stroje. Stanovení hořlavosti materiálů použitých v interiéru vozidla (ČSN ISO 3795)

Tato mezinárodní norma stanoví metodu pro určení vodorovné rychlosti hoření materiálů, používaných v prostoru pro cestující silničních vozidel (např. osobních automobilů, nákladních automobilů kombi, autobusů), traktorů, zemědělských strojů a strojů pro lesní práce po vystavení malému plameni. Tato metoda umožňuje zkoušení materiálů a součástí vnitřního vybavení vozidel jednotlivě nebo v kombinaci až do tloušťky 13 mm. Používá se k posouzení jednotnosti výrobních skupin těchto materiálů z hlediska jejich chování při hoření. Vzhledem k mnoha rozdílům mezi skutečnou světovou situací (použití a umístění uvnitř vozidla, podmínek užívání, zdroje zapálení atd.) a přesnými podmínkami stanovenými v této mezinárodní normě nemůže být tato metoda považována jako vhodná pro vyhodnocení všech skutečných charakteristik hoření ve vozidle. [23]

2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část je věnována jedné vybrané spalovací zkoušce, která se uplatňuje pro materiály, včetně textilních, používaných v automobilovém průmyslu. Popsány zde budou výběr normy, příprava vzorků, podmínky zkoušky, průběh zkoušky a její vyhodnocení.

2.1 Výběr normy

Od začátku byl můj záměr provádět nějakou zkoušku pro netkané vpichované textilie, která se bude týkat automobilového průmyslu. Zároveň jsem také chtěl výsledky zkoušky vyhodnotit nejen dle vlastních, ale i dle konkrétních kritérií. Sehnal jsem si relevantní normy v soustavě ČSN a ISO, které by šly provádět ve školních zařízeních; v těchto normách ČSN a ISO však hodnotící kritéria popsána nejsou. Poohlédl jsem se tak ještě po normách automobilového výrobce Škoda Auto. Kontaktoval jsem tedy známé, kteří pracují v tomto podniku, a požádal je o pomoc s výběrem normy, která by se vyhovovala našim požadavkům. Tu se mi nakonec podařilo sehnat a potřebná norma mi byla poskytnuta.

2.2 Popis normy

Vybraná norma je podnikovou normou koncernu automobilových výrobců pod názvem Volkswagen Group, do kterého spadá i firma Škoda Auto a.s. .

Nese katalogové označení „TL 1010“, byla vydána v lednu roku 2008 a doplňuje dříve vydanou podnikovou normu z roku 1997. Jako svůj hlavní titulek má norma nadepsáno „Materiály vnitřního vybavení“ s podtitulem „Charakteristiky hoření, požadavky na materiál“.

Norma se vztahuje na charakteristiky hoření materiálů/ konstrukčních dílů vnitřního prostoru motorového vozidla. Dále norma obsahuje informace o vnitřních předpisech a administrativních úkonech, které pro nás moc důležité nejsou. Důležitou informací pro nás je však to, že z technického hlediska tato norma vychází z technické normy DIN 75200. Norma TL 1010 pak má svoji hodnotící tabulku a kritéria pro výsledky.

2.3 Výběr vlákenného materiálu

Dle pokynu zadání bakalářské práce a po poradě s vedoucím mé bakalářské práce byly vybírány materiály, ze kterých budou vyrobeny textilie a testované vzorky. Z dostupných vlákenných materiálů, které byly dostupné ve skladu poloprovozu KNT, byly nakonec určeny tyto 4 druhy vláken, uvedené v tab.1:

Tab.1 Druhy vláken použitých k výrobě vzorků

| označení vláken | druh vláken | další informace |
|-----------------|---|---|
| A | viskózová s nehořlavou úpravou - typ Lyocell (Tencel) | bílá barva; výrobce Lenzing; jemnost 3,3 dtex; délka 60 mm |
| B | polyamidová s nehořlavou úpravou | zelená barva; výrobce Kernel; jemnost 2,2 dtex; délka 60 mm; LOI 30 |
| C | bikomponentní - polyester, kopolyester | černá barva |
| D | viskózová bez úpravy | bílá barva; LOI 18 |

Pozn.: Bohužel se nepodařilo sehnat dodejkové materiálové prospekty a více informací k daným vláknům. Proběhl i pokus emailem kontaktovat výrobce s žádostí o další informace, ale byl neúspěšný. Některé informace o použitých vláknech tak bylo nutné dohledat z internetu, avšak ne všechny byly veřejně dostupné.

Z těchto 4 druhů vláken byly navrženy jejich směšové poměry pro výrobu textilií a následně testovaných vzorků. To je i zásadní a prvotní rozdíl, kterým se naše jednotlivé vzorky liší - tedy typem použitých vláken.

Složení daných směsí ukazuje tab.2.

Tab.2 Poměry vláknenných směsí pro výrobu textilních vzorků

| číslo směsi | složka 1 | složka 2 |
|-------------|----------|----------|
| 1 | 100% A | - |
| 2 | 100% B | - |
| 3 | 100% C | - |
| 4 | 90% A | 10% C |
| 5 | 90% B | 10% C |
| 6 | 75% A | 25% C |
| 7 | 75% B | 25% C |
| 8 | 50% A | 50% C |
| 9 | 50% B | 50% C |
| 10 | 100% D | - |
| 11 | 90% A | 10% D |
| 12 | 75% A | 25% D |
| 13 | 50% A | 50% D |

2.4 Výroba textilií pro tvorbu vzorků

Pro každý typ směsi byla připravena navážka cca 100 gramů daných vláken. Např. pro směs č.1 bylo naváženo 100 gramů vláken typu A, pro směs č.4 bylo naváženo 90 gramů vláken typu A a 10 gramů vláken typu C, atd. K navážení bylo používáno digitálních laboratorních vah s přesností na 0,001 gramu.

Po navážení 100 gramů vláken následoval přesun k válcovému laboratornímu mykacímu stroji od firmy Befama, viz obr. 13. Na jeho nakládací pás byla všechna vlákna položena v podobě co nejmenších chomáčků. Pokud se směs skládala ze dvou typů vláken, bylo mou snahou je na páse rovnoměrně promísit a rozmístit. Mykací stroj jsem poté uvedl do chodu a chomáčky vláken putovaly na promykání. Na výstupu ze stroje jsem ručně zachytil vznikající pavučinu a rychle ji přiložil ke sběrnému rotujícímu válci, na kterém se následně pavučina vrstvila a nabalovala. Sběrný válec jsem předtím ještě lehce postříkal vodou, aby na něm pavučina lépe držela. Po umykání celé navážky jsem pavučinu z válce přestihl a znovu

ji vložil na vstupní nakládací pás mykacího stroje. Proces mykání jsem vždy ještě minimálně jednou zopakoval pro lepší promykání vlákně pavučiny. To jsem provedl pro každý typ směsi. Po umykání jednoho typu směsi byl mykací stroj chvíli ponechán běžet naprázdno, aby se zbytky vláken nepřimíchaly k další směsi.



obr.13 Laboratorní mykací stroj od firmy Befama

Po mykání přišlo na řadu vpichování. K tomu bylo využito laboratorního vpichovacího stroje - viz obr.14 a 15 . Každou vrstvenou pavučinu, vzniklou mykáním z mykacího stroje, jsem nechal mechanicky zpevnit vpichovacím strojem, který byl nastaven na parametry uvedené v tab. 3. Proces vpichování jsem zopakoval ještě jednou, tentokrát z druhé strany textilie - spodní strana se pro druhý průchod stala stranou vrchní, a obráceně. Účelem bylo zajistit rovnoměrnější vpichování.



obr.14 Vstupní ústrojí laboratorního vpichovacího stroje



obr.15 Boční pohled na pracovní část laboratorního vpichovacího stroje

Tab.3 Parametry procesu vpichování

| | |
|---|--------------------------------------|
| hloubka vpichu | 5 mm |
| počet jehel 1m jehelné desky ve všech řadách | 2000 |
| frekvence vpichování | 220 vpichů /min (3,67 vpichů /s) |
| rychlost odtahu | 0,45 m/min (0,0075 m/s) |
| počet průchodů | 2 |

Z těchto parametrů jsme pak dle vztahu (1) z kapitoly 1.3.1 dopočetli celkový počet vpichů, který se tedy rovná:

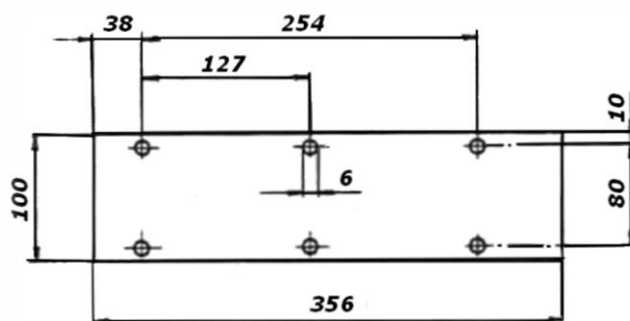
$$N_p = \frac{a \cdot f \cdot p}{v} = \frac{2000 \cdot 3,67 \cdot 2}{0,0075} \doteq 1\,957\,330 \text{ vpichů} / \text{m}^2 .$$

Výsledné vpichované textilie nebyly již podle omaku a subjektivního pocitu nijak závratně pevné. O to nám však v této bakalářské práci nejde, neboť vzorky z těchto

textilií budou použity pouze ke spalovací zkoušce, nikoliv k použití, kde by byly nějak mechanicky namáhány. Sledovaným faktorem nadále zůstává materiálové složení vláken.

2.5 Preparace vzorků dle normy

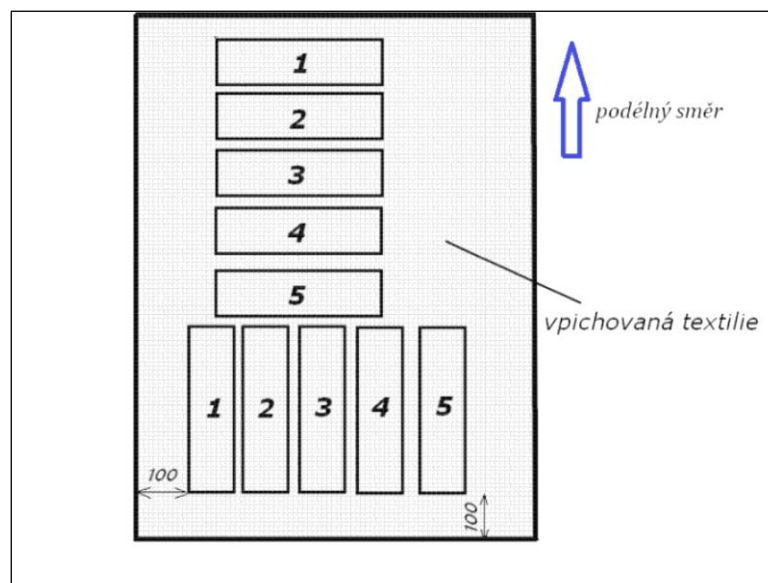
Vzorky pro naši spalovací zkoušku mají dle normy VW TL 1010, respektive normy DIN 75200, na kterou prvně jmenovaná norma odkazuje, předepsané rozměry. Ty jsou uvedeny na obr.16 . Šířka vzorku může být mírně odlišná, a to dle šířky držáku vzorku ve spalovací komoře. Naznačené díry s průměrem se odvíjejí od tvaru držáku a pro náš držák by byly zbytečné, nebyly tedy ve vzorcích udělány.



obr.16 Předepsané rozměry vzorku v mm

Jedním z předepsaných rozměrů je i maximální tloušťka vzorků, která nemá být vyšší, než 13 mm. To bohužel naše vpichované textilie nesplňovaly. Jejich tloušťky se pohybovaly cca od 2 do 3 mm. Nabízela se možnost vytvořit textilie s menší navázkou vláken. Ta však po úvaze byla zamítnuta, neboť by již takto nevelká pevnost textilií klesla na zřejmě nepoužitelnou míru. Normovaný předpis pro tloušťku tak nebyl bohužel dodržen. Vyšší tloušťka však v následných spalovacích zkouškách při upevnění vzorků nevadila i díky jejich značné stlačitelnosti.

Dále je předepsáno, že se vzorky musí odebrat minimálně 100 mm od okraje textilie. Vzorků ke zkoušce musí být minimálně 5. Pokud se předpokládá různá rychlost hoření v různých směrech materiálu, zkoušení proběhne pro tyto směry zvlášť. Vystřižnuto tedy bylo 5 vzorků v podélném směru a 5 v příčném směru vpichovaných textilií, jak je naznačeno na obr.17. Toto se provedlo pro každý typ textilie, celkově tedy 13x.



obr.17 Schematické znázornění vzorků na textilií

2.6 Podmínky a podstata zkoušky

Podstata zkoušky se dá popsat tak, že testovaný vzorek je uchycen ve vodorovné poloze držáku ve tvaru písmene „U“ a je vystaven působení nízkoeenergetického plamene po dobu 15 s ve spalovací komoře. Plamen působí na volném konci vzorku. Ze zkoušky vyplyne, zda a kdy plamen zhasne, nebo doba, za níž plamen urazí určitou vzdálenost.

Předepsaným zařízením pro spalovací zkoušku je spalovací komora s konkrétními rozměry. Spalovací komora má být vyrobena z nereznoucí oceli, s odnímatelným horním víkem. Podél obvodu stropu a na dně komory jsou větrací výřezy. Z minimálně jedné strany komory musí být ohnivzdorné pozorovací okno. Přední stranu představují otvíratelná dvířka, v kterých je zabudován plynový hořák v podobě Bunsenova kahanu. Jeho vnitřní průměr činí 9,5 mm. Vzdálenost přední strany komory od přední hrany držáku musí být 22 mm. Kahan je umístěn tak, že střed trysky je 19 mm pod středem spodní hrany otevřeného konce vzorku. Spalovací komoru s kahanem a upevnění vzorku dokumentují obrázky 18,19 a 20. Proces testování ve spalovací komoře musí probíhat v digestoři. K tomu nám posloužila digestoř v laboratoři KNT.



obr.18 Normovaná spalovací komora od firmy Atlas



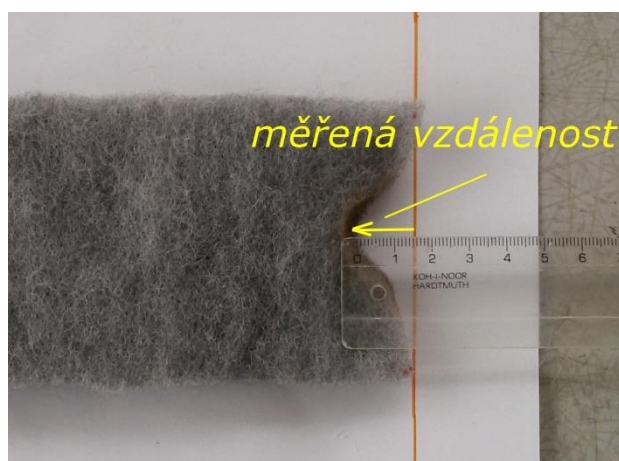
obr.19 Pohled na testovaný vzorek přes pozorovací okno



obr.20 Upevnění vzorku v držáku spalovací komory

2.7 Průběh spalovací zkoušky a měření

Spalovací zkouška probíhá tak, že správně upevněný vzorek se na svém volném konci nechá působit působení plamene z Bunsenova kahanu po dobu 15 sekund. Výšku plamene je nutno nastavit na 38 mm. Po uplynutí této doby se přívod plynu do kahanu uzavře a sleduje se, zda hoření vzorku pokračuje dále, nebo plamen zhasne. Měření končí ve chvíli, kdy plamen zhasne, nebo dosáhne posledního měřicího bodu. První měřicí bod pro nás je okraj vzorku, jelikož většina našich vzorků nevykazovala velkou hořlavost. Další měřicí body se před testováním zakreslí u těch vzorků, kde se předpokládá vyšší rychlost hoření; v našem případě to bylo u vzorků 10 a 14, druhý měřicí bod byl ve vzdálenosti 200 mm od volného okraje vzorku. Maximální měřená doba hoření plamene je 60 sekund. Po zhasnutí plamene se vzorek vyjme z držáku. Na vhodné podložce se pak změří nejdelší shořelá vzdálenost (s přesností na mm) od okraje vzorku, tj. ta část vzorku, která je poškozena hořením (na povrchu nebo uvnitř). Situaci dokumentuje obr.21.



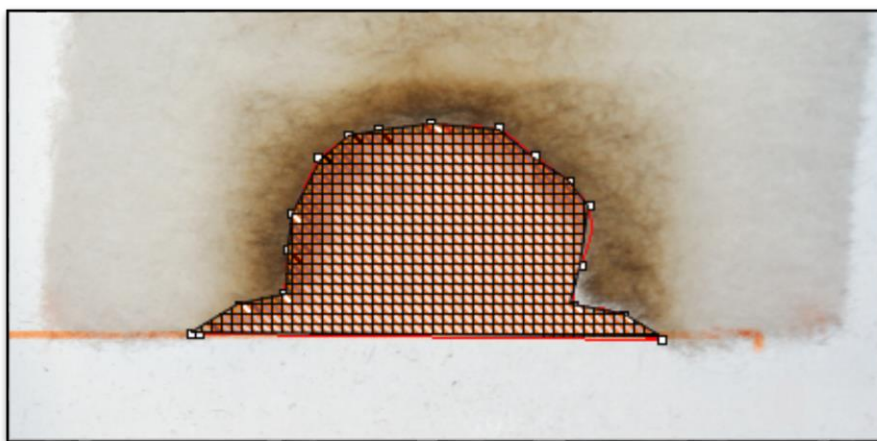
obr.21 Měření uhořelé vzdálenosti

Rychlost hoření (Burning Rate) se pak vypočítá z naměřených hodnot dle vztahu (3)

$$BR = \frac{s}{t} \cdot 60 \quad |\text{mm/min}|, \quad (3)$$

kde s udává shořelou vzdálenost v milimetrech a t udává dobu hoření v sekundách po uzavření přívodu plynu do hořáku. Pokud plamen ihned po uzavření přívodu plynu zhasne a nešíří se po testovaném vzorku, rychlost hoření se považuje za nulovou.

Kromě měření uhořelé vzdálenosti, které je nutno provést v rámci pokynů v normě, byly změřeny také vyhořelé plochy a objemy. To je již nad rámec normy, k rozšíření výsledků pro tuto bakalářskou práci. K měření ohořelých ploch byl použit program NIS-Elements, který je dostupný na počítači v laboratoři KNT. Nejprve byly pořízeny fotografie vzorků po spalovací zkoušce, ty se následně otevřely ve zmíněném programu. Tento program dovede spočítat ohořelou plochu po vytyčení obvodových bodů, viz obr.22.



*obr.22 Vyšrafovaná vyhořelá plocha po vytyčení obvodových bodů
z programu NIS-Elements*

Ještě před spalovacími zkouškami byly změřeny tloušťky textilních vzorků. K tomu byl použit tloušťkoměr v laboratoři KNT. Matematickým součinem vyhořelých ploch a tloušťky se tak vypočítal i vyhořelý objem.

2.8 Výsledky měření - uhořelá vzdálenost, rychlost hoření

Výsledky měření uhořelých vzdáleností byly zkompleťovány do tabulky a byla vypočtena rychlost hoření pro každý typ směsi, jak je vyžadováno v normě DIN 75200. Podniková norma VW TL 1010 pak testované vzorky dle charakteru hoření rozděluje na 4 kategorie, viz tab.4.

Tab.4 Kategorie vzorků dle charakteristiky hoření podle normy VW TL 1010

| Průběžné č. | Charakteristiky hoření | Rychlost hoření BR (mm/min) |
|-------------|--|--------------------------------|
| 1 | hořící po celé délce měření BR | < 100 |
| 2 | samozhášivé zkušební vzorky | |
| 2.1 | trasa hoření > 50 mm BR | < 100 |
| 2.2 | trasa hoření ≤ 50 mm, doba hoření < 60 s | - |

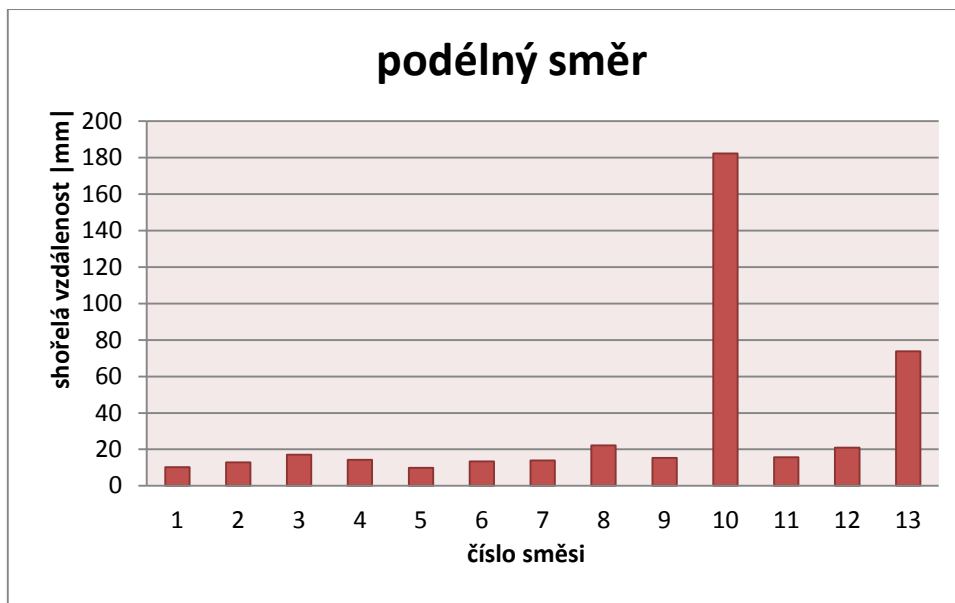
Výsledky vyhořelých vzdáleností pro jednotlivé vlákenné směsi

Výsledky jsou uvedeny v tab.5 až 18, jenž jsou obsaženy v příloze. Níže je uvedena tab.5 jako vzorový příklad.

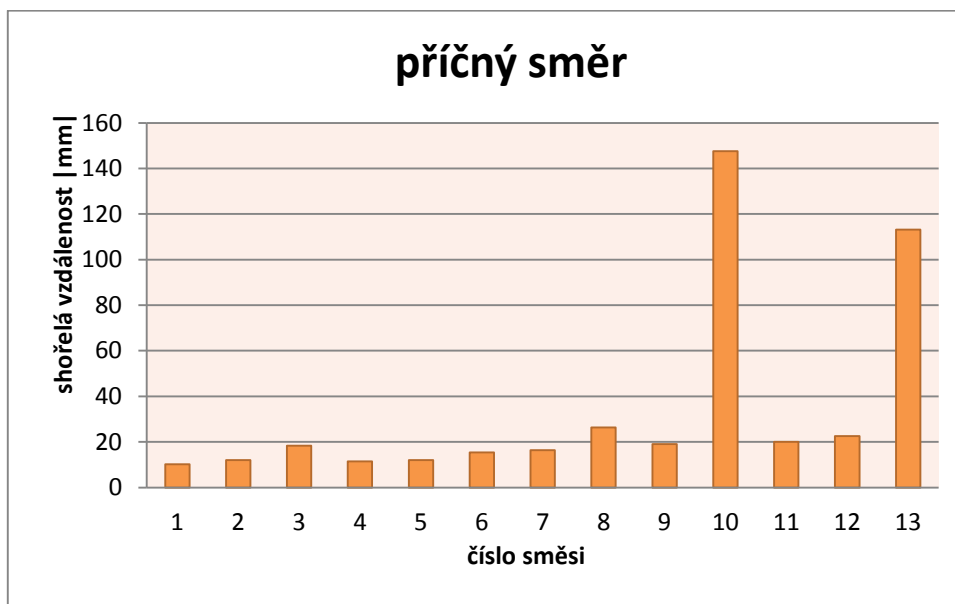
Tab.5 Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.1

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 1 | podélný | i | 12 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 8 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 11 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 10,2 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,5 | | | |
| | | | | | | |
| 1 | příčný | i | 11 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 11 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 9 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 10 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 10,2 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,1 | | | |
| x̄ směsi : | | | 10,2 | 0 | 0 | |

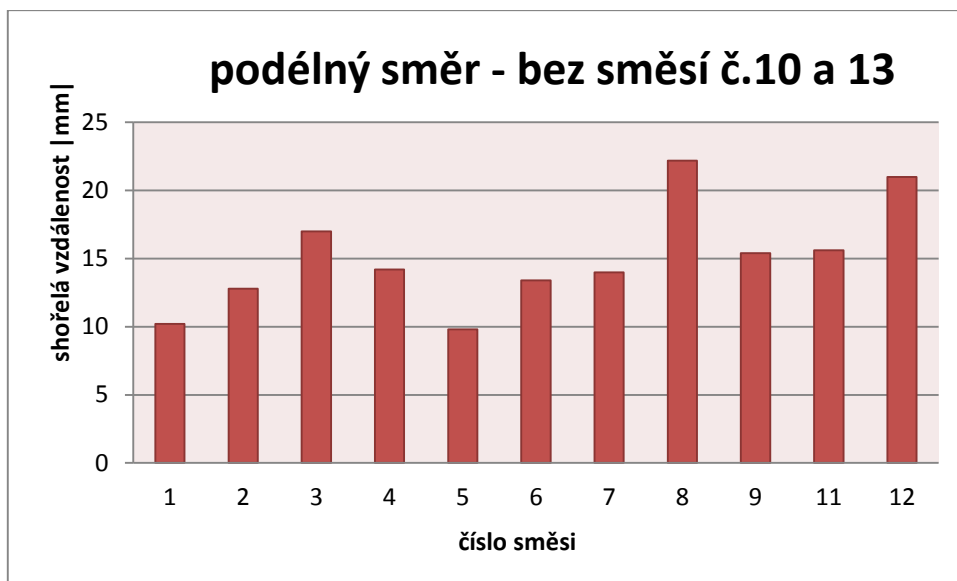
Porovnání jednotlivých směsí podle průměrných vyhořelých vzdáleností nám ukazují grafy 1 a 2. V grafu 3 a 4 pak vidíme stejné porovnání směsí, ale nejsou zde zahrnuty směsi č.10 a 13, které mají výrazně vyšší průměrné hodnoty, než ostatní směsi.



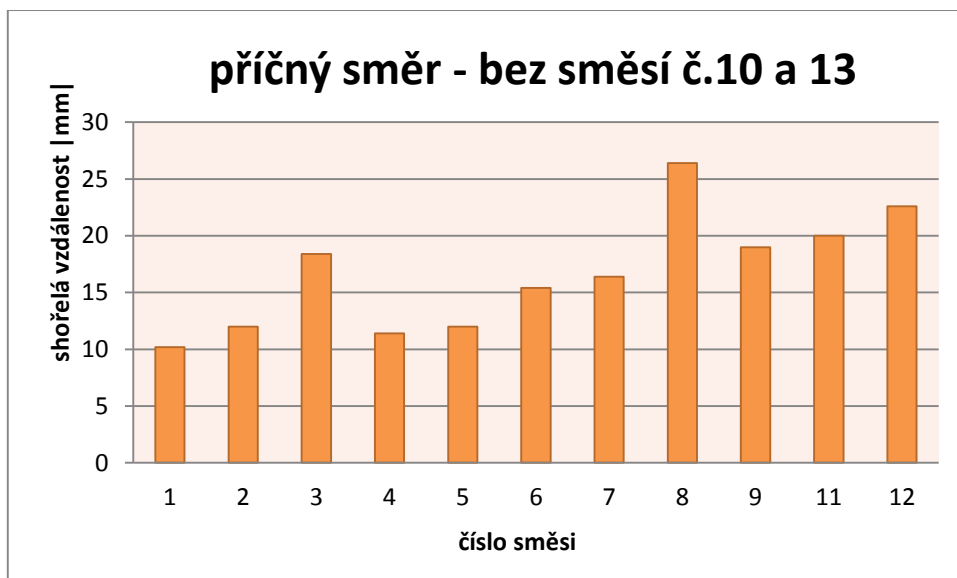
Graf 1: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro jednotlivé směsi - podélný směr



Graf 2: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro jednotlivé směsi - příčný směr

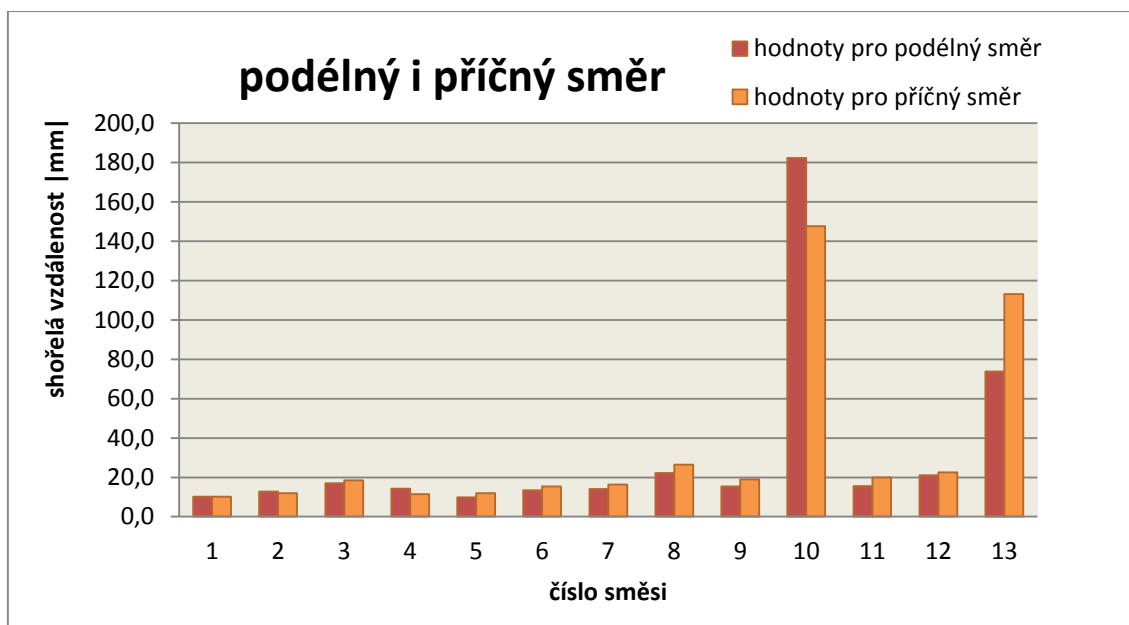


Graf 3: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro podélný směr - bez směsí č.10 a 13



Graf 4: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro příčný směr - bez směsí č.10 a 13

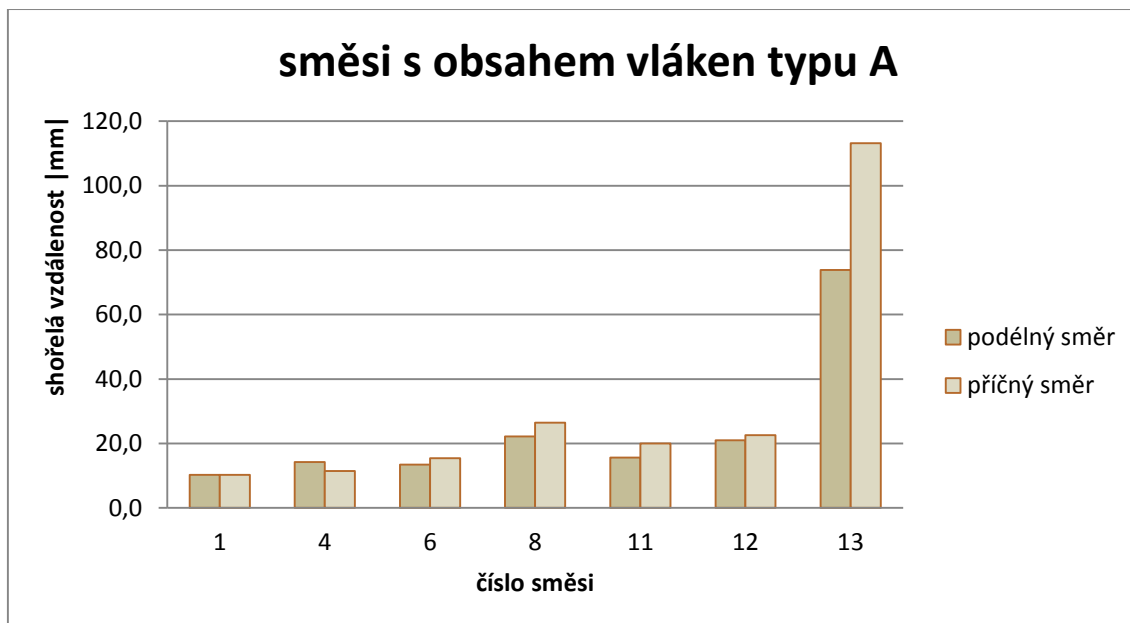
Pokud bychom hodnoty vyhořelých vzdáleností pro vzorky z podélného směru a pro vzorky z příčného směru vpichovaných textilií dali do jednoho grafu, vzejde nám tento graf 5, viz níže.



Graf 5: Porovnání hodnot vyhořelých vzdáleností pro podélný a příčný směr všech směsí

V dalším grafu (6) lze vidět porovnání pro směsi s obsahem vláken typu A.

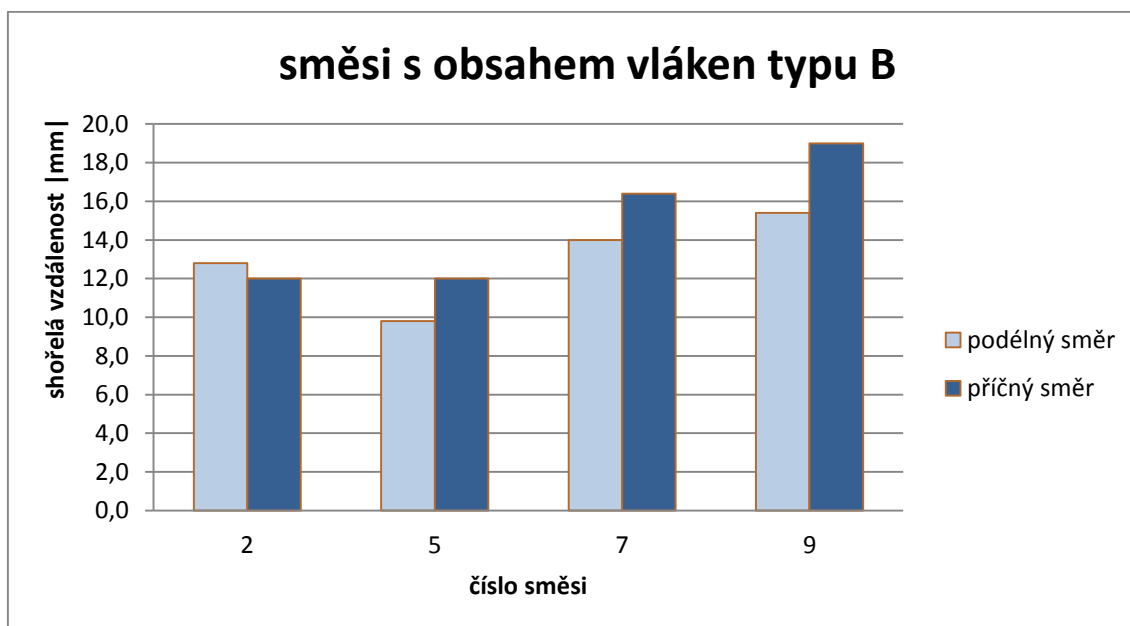
(směs č.1 = 100% A; č.4 = 90% A + 10% C; č.6 = 75% A + 25% C; č.8 = 50% A + 50% C; č.11 = 90% A + 10% D; č.12 = 75% + 25% D; č.13 = 50% A + 50% D)



Graf 6: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro směsi s obsahem vláken typu A

Porovnání uhořelých vzdáleností u směsí s obsahem vláken typu B vykazuje graf 7.

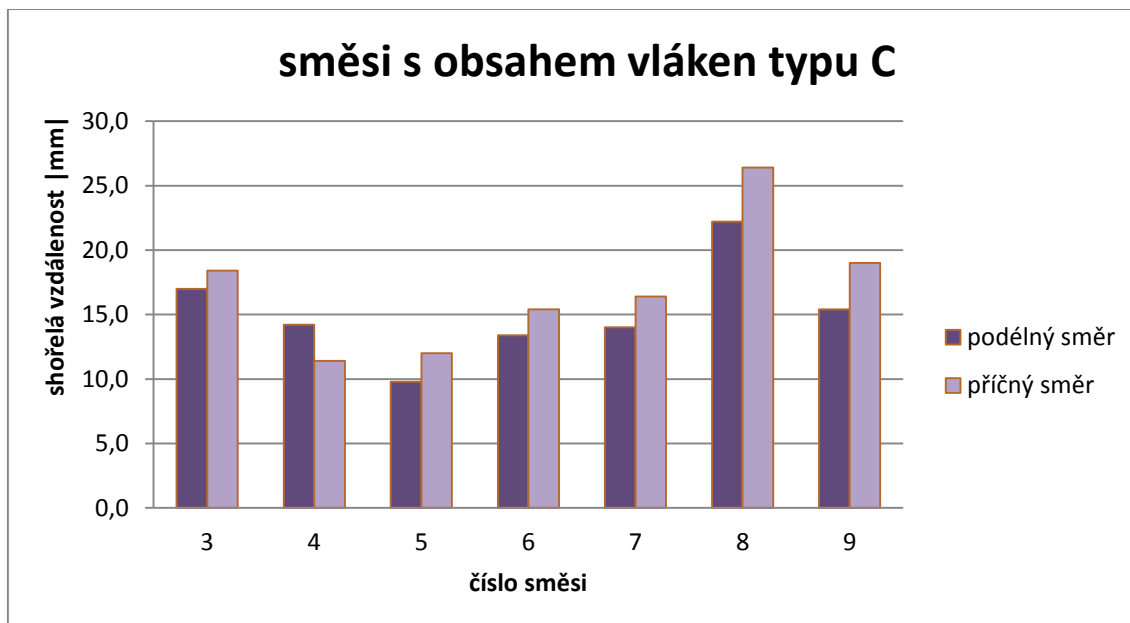
(směs č.2 = 100% B; č.5 = 90% B + 10% C; č.7 = 75% B + 25% C; č.9 = 50% B + 50% C)



Graf 7: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro směsi s obsahem vláken typu B

Porovnání uhořelých vzdáleností u směsí s obsahem vláken typu C vykazuje graf 8.

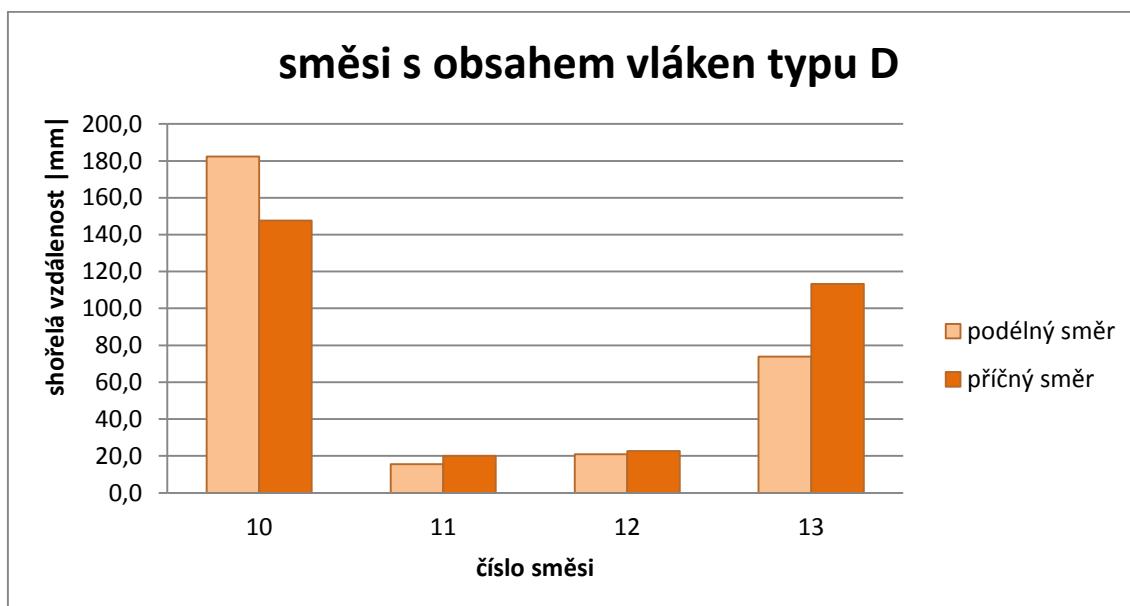
(směs č.3 = 100% C; č.4 = 90% A + 10% C; č.5 = 90% B + 10% C; č.6 = 75% A + 25% C; č.7 = 75% B + 25% C; č.8 = 50% A + 50% C; č.9 = 50% B + 50% C)



Graf 8: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro směsi s obsahem vláken typu C

Porovnání uhořelých vzdáleností u směsí s obsahem vláken typu C vykazuje graf 9.

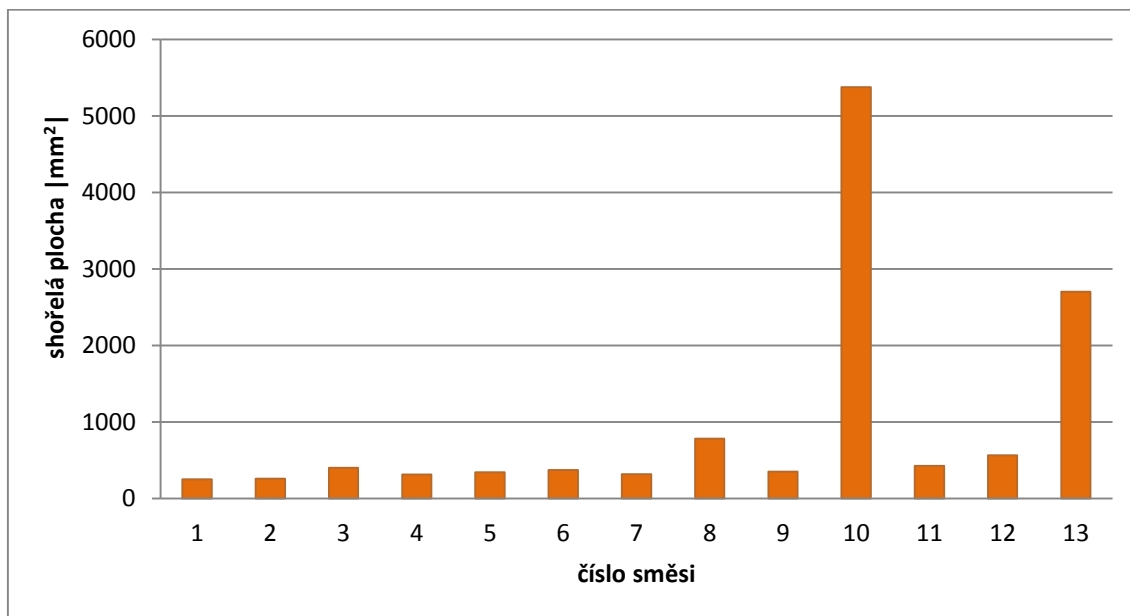
(směs č.10 = 100% D; č.11 = 90% A + 10% D; č.12 = 75% + 25% D; č.13 = 50% A + 50% D)



Graf 9: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro směsi s obsahem vláken typu D

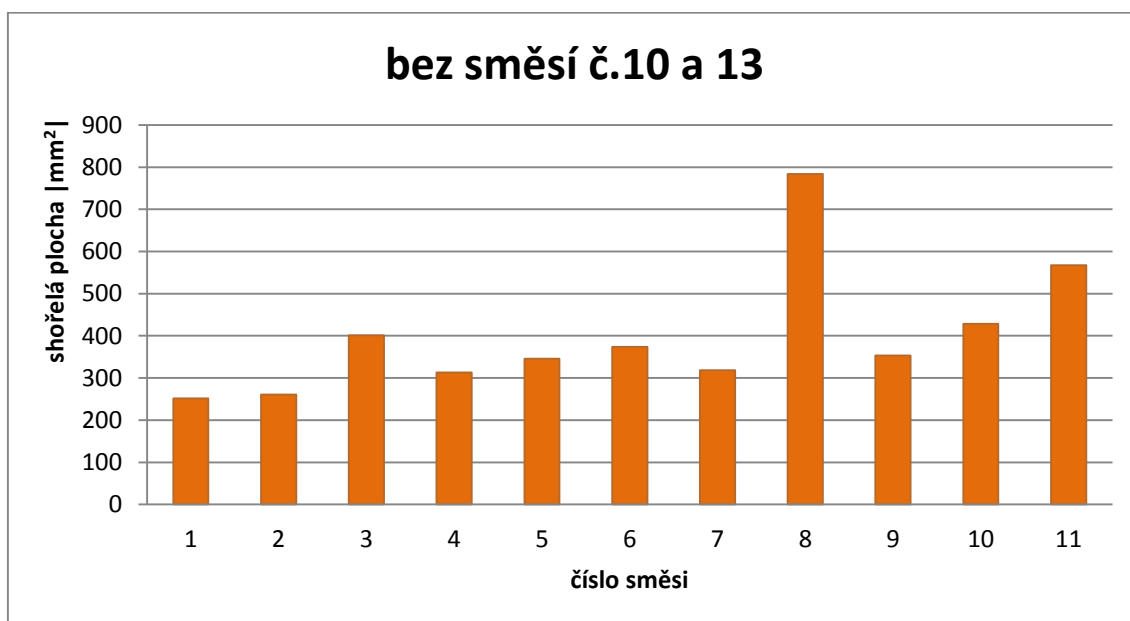
2.9 Výsledky měření - vyhořelá plocha, vyhořelý objem

Pro rozšíření výsledků byly naměřeny i vyhořelé plochy spalovaných textilních vzorků. Oproti měření uhořelých vzdáleností již tato měření nejsou rozdělena pro podélný a příčný směr. Jejich průměrné hodnoty pro jednotlivé směsi lze odečíst z grafu 10.



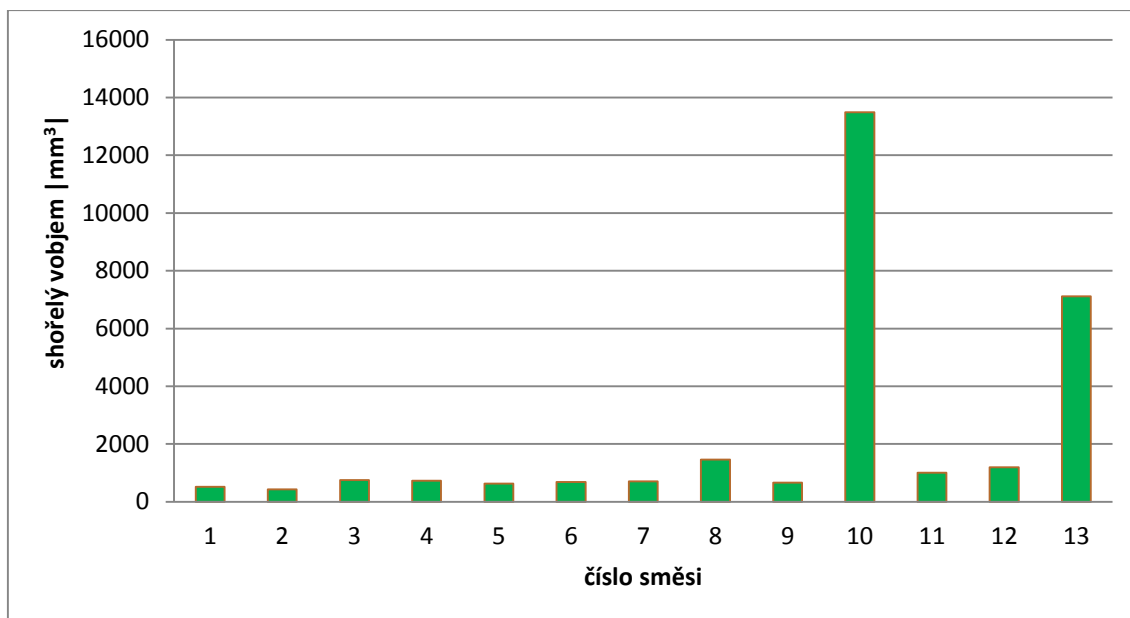
Graf 10: Porovnání shořelých ploch pro vzorky z jednotlivých směsí

V grafu 11 pak lze vidět stejné porovnání směsí, ale s vynecháním směsí č.10 a 13, které vykazují mnohem vyšší průměrné hodnoty, než ostatní směsi.

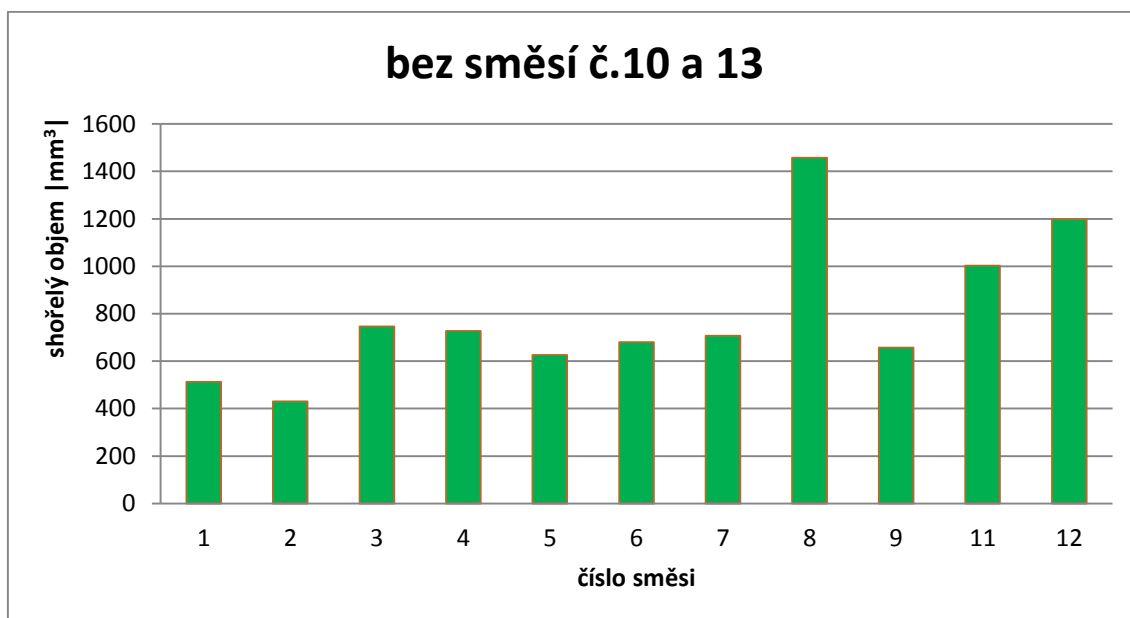


Graf 11: Porovnání vyhořelých ploch - bez směsí č.10 a 13

Obdobně jsou vykresleny grafy 12 a 13. Prvně jmenovaný vykresluje průměrné vyhořelé objemy, ve druhém pak jsou vynechány hodnoty pro směsi č.10 a 13, které mají výrazně vyšší průměrné hodnoty, než ostatní směsi.



Graf 12: Porovnání vyhořelých objemů pro vzorky z jednotlivých směsí



Graf 13: Porovnání vyhořelých objemů pro vzorky z jednotlivých směsí - bez směsí č.10 a 13

2.10 Vyhodnocení výsledků

Z výsledků pro měření uhořelé vzdálenosti a rychlosti hoření lze konstatovat, že výsledky pro podélný a příčný směr vpichovaných textilií vyrobených z jednoho typu nebo směsi vláken se liší jen nepatrně. V některých případech vykazoval o něco vyšší hodnoty podélný směr, v některých případech zase příčný směr. Lze tedy říct, že tento parametr nemá prokazatelný vliv na vlastnosti hoření vpichované textilie a kolísání výsledků je dílem náhody a menšího počtu měření.

Co se týče typu materiálu, podle očekávání měla viskózová vlákna ve směsi č.10 suverénně nejvyšší hořlavost. Vyšší hodnoty vykazovala také směs č.13, tedy viskózová vlákna v poměru 1:1 s nehořlavými viskózovými vlákny. Směsi č.11 a 12, kde neupravená viskóza měla zastoupení 10, resp. 25% a zbytek tvořila nehořlavě upravená viskóza, už mají výrazně nižší hořlavost. Pokud porovnáme pouze 100% směsi z vláken typu A,B a C, tak prvně dvě jmenovaná, jenž mají nehořlavou úpravu, vykazují o něco nižší hořlavost, než vlákna C, jenž jsou bikomponentní bez účelové nehořlavé úpravy. Nelze tedy úplně doporučit, aby byla použita vlákna typu C někde v prostředí se zvýšeným rizikem požáru.

Anomálii však vykazují hodnoty testování vzorků ze směsi č.8. Tyto vzorky jsou složeny z vláken typu A a C v poměru 1:1. Podle teoretických předpokladů by neměly vykazovat vyšší hořlavost, než vzorky tvořených pouze vlákny C, protože zastoupení vláken typu A by hořlavost mělo snižovat. Nicméně naměřené hodnoty pro vzorky ze směsi č.8 jsou celkem výrazně vyšší, než hodnoty pro 100%-ní směs z vláken C i hodnoty ostatních směsí se zastoupením vláken A,B nebo C nebo jejich kombinací. Možné vysvětlení pro tuto anomálii lze hledat v problematice, která je rozebrána v následující kapitole - Závěr.

Pokud se podíváme na výsledky pro vyhořelé plochy, tak víceméně korespondují s výsledky shořelých vzdáleností pro jednotlivé směsi. Vyhořelé plochy měly povětšinou tvar kruhové výseče, kopírující plamen z kahanu. Tento plamen se po zhasnutí ve většině případů buď nerozšířil dál, nebo částečně rozšířil a zvětšoval tuto kruhovou výseč. Menšina vzorků pak měla jiný, nepravidelný tvar. Výjimku tvořily vzorky ze směsí č.10 a 13, kde se oheň šířil prakticky po celé šíři vzorku až k hraně držáku a celkový tvar vyhořelých ploch připomínal spíše obdélník. Anomálii jako v předchozím případě vykazovaly opět vzorky ze směsi č.8.

Zhodnotit výsledky pro vyhořelý objem může být trochu zavádějící a diskutabilní. Objem textilie netvoří totiž jen textilní vlákna, ale i vzduch mezi vlákny uvnitř textilních vzorků. Jelikož po mykání při vrstvení pavučin nebylo použito strojního zařízení s konstantním přtlakem, mohla být každá směs stlačována s různým přtlakem na sběrný válec vlivem lidského činitele. To mělo vliv i na výslednou tloušťku. Vyšší tloušťka však nemusí nutně znamenat vyšší počet vláken, než u textilie s menší tloušťkou. Také bylo někdy těžké určit, zda textilní vlákna shořela i uvnitř vzorku, nikoliv pouze na povrchu. V některých případech bylo prohoření „skrz na skrz“ jasně viditelné, někdy však byla vlákna na povrchu zcela zuhelnatělá a nelze přesně vědět, jak po spalovací zkoušce vypadají vlákna ve větší hloubce od povrchu. Pokud budeme předpokládat shoření všech vláken na povrchu i uvnitř vzorků, pak výsledky také poměrně kopírují analogii výsledků pro shořelé vzdálenosti i pro vyhořelé plochy.

3 ZÁVĚR

3.1 Diskuze

Při vypracovávání experimentální části této bakalářské práce bylo naraženo na několik úskalí. Jako první lze jmenovat měření vyhořelých vzdáleností. Konkrétně jde o to, která vlákna po spalovací zkoušce lze považovat za hořením zničená, a která považovat pouze za „očouzená“ nebo „připálená“. Ani v jedné normě toto není podrobněji rozebráno, záleží tedy na subjektivním pocitu hodnotitele. Pokud by jeden textilní vzorek s takovýmto charakterem hoření po spalovací zkoušce hodnotilo více hodnotitelů, mohou se jejich názory a výsledky lišit. Tato skutečnost mohla ovlivnit moje výsledky pro uhořelou vzdálenost u směsi č.8, kdy jsem možná mylně zhodnotil míru poškození vláken na vzorcích z této směsi, oproti poškození u jiných vzorků z jiných směsí.

Další úskalí při provádění těchto spalovacích zkoušek může nastat v situaci, kdy testovaný vzorek hoří pomalu a vytrvale po celou dobu měření a po uplynutí lhůty 60 s je potřeba naměřit uhořelou vzdálenost. Problém v tuto chvíli nastane s uhašením plamene. Pokud není uhašen okamžitě, mohou se vnést chyby do měření a výsledky být zavádějící.

Ani tato úskalí mi však nezkazila elán a spokojenost při blížícím se zdárném vypracování této bakalářské práce. Jsem také navíc obohacen o zkušenosti při práci s nějakými předpisy, resp. normami. Získal jsem také další zkušenosti při elektronickém vypracování bakalářské práce a naučil se větší zodpovědnosti a samostatnosti při plnění individuálně zadaného úkolu. Také mi bylo umožněno více se seznámit s mykacím a vpichovacím strojem a jejich ovládáním.

3.2 Doporučení a vývody

Lze konstatovat, že používání nehořlavých vláken nebo nehořlavých úprav v prostředích se zvýšeným rizikem požáru má svůj smysl. Šíření plamene je u nich daleko nižší, než u konvenčních vláken, to znamená i mnohem vyšší bezpečnost v tomto ohledu. Normu DIN 75200 lze k posuzování hořlavosti materiálu používat poměrně dobře, ovšem jak již bylo popsáno, u dobře hořlavých vláken mohou nastat nepřesnosti měření. Námi prováděné spalovací zkoušky dle daných norem lze považovat za poměrně rychle proveditelné a jednoduché, ale ne dokonalé či bezchybné. Jako vhodné

řešení se může jevit provedení i jiných spalovacích zkoušek, jako doplněk k mnou prováděným. Pokud bych měl k dispozici více času, bylo by zajímavé spalovacími zkouškami otestovat vícero druhů textilních materiálů.

Zdroje

- [1] JIRSÁK, Oldřich a Klára Kalinová: *Netkané textilie*. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-708-3746-2.
- [2] Jiří Chaloupek: Výukové prezentace na předmět TNT; [cit. 2016-04-08]
- [3] norma ČSN EN 29092 (800002) z roku 1994
- [4] Moučková Eva: výuková prezentace *Mykání* na předmět Prádelnictví; [cit. 2016-04-10]
Dostupné z www.ktt.tul.cz/index.php?page=1360681380.pdf
- [5] Joy Sarkar: prezentace *Application of automobile textiles: A comprehensive study*; [cit. 2016-04-11]
Dostupné z www.slideshare.net/joybut/application-of-automobile-textiles-a-comprehensive-study
- [6] RUSSELL, Edited by S.J. Handbook of nonwovens. Boca Raton, Fla. [etc.] : Cambridge: CRC Press; Woodhead, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
- [7] bez uvedeného autora; prezentace *Textiles in automotive engineering*
Dostupné z www.scribd.com/doc/50337736/Textiles-in-Automotive-Engineering#scribd
- [8] Dipl.-Ing. Bernd Gulich: *Nonwovens textiles in automotive - Interior, upholstery, insulation and filtering applications* [cit. 2016-04-11]
Dostupné z www.t-pot.eu/docs/Workshops/STFI_06_Gulich_Mobile_textiles.pdf
- [9] William C. Smith: *Nonwovens In Automotives - More than just a pretty face*; [cit. 2016-04-11]
Dostupné z www.jeffjournal.org/INJ/inj04_3/p60-63-smith.pdf
- [10] Ondřej Pokorný: *Textilie v interiéru osobních automobilů z hlediska akustických vlastností; 2010*;
Dostupné z www.kht.tul.cz/items/A-BP/2010/Pokorn%C3%BD%20-%20Textilie%20v%20interi%C3%A9ru%20osobn%C3%ADch%20automobil%C5%AF%20z%20hlediska%20akustick%C3%BDch%20vlastnost%C3%AD.pdf.pdf
- [11] Škola textilu; pojem Syntetická vlákna; [cit. 2016-04-14]
Dostupné z www.skolertextilu.cz/abc/heslo.php?nr=1247
- [12] Polyester; [cit. 2016-04-14]
Dostupné z <http://texinfo.wz.cz/polyester.htm>
- [13] Škola textilu; pojem Polyamidová vlákna; [cit. 2016-04-14]

Dostupné z www.skolatextilu.cz/elearning/466/textilni-terminologie-zboziznalstvi/vlakna-prize-a-nite/Polyamidova-vlakna.html

[14] Škola textilu; pojem Polyamidová vlákna; [cit. 2016-04-14]

Dostupné z <http://www.skolatextilu.cz/elearning/467/textilni-terminologie-zboziznalstvi/vlakna-prize-a-nite/Polyesterova-vlakna.html>

[15] Jiří Militký: 9.prezentace k předmětu Textilní vlákna; [cit. 2016-04-15]

Dostupné z www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2013-10-04/08-14-03.pdf

[16] Ředitelství HZS ČR: *Základy požární taktiky - Proces hoření*; [cit. 2016-04-03]

Dostupné z <http://docplayer.cz/15548943-Pozarni-taktika-proces-horeni.html>

[17] Doc. Dr. Ing. Michail Šenovský: prezentace *Základy požární taktiky*; [cit. 2016-04-03]

Dostupné z <http://docplayer.cz/732698-Se-sidlem-vsb-technicka-univerzita-ostrava-zaklady-pozarni-taktiky-doc-dr-ing-michail-senovsky.html>

[18] Machaňová, D. *Zušlechťování textilií*, elektronická skripta FT; [cit. 2016-04-05]

Dostupné z <https://skripta.ft.tul.cz/database/data/2003-01-16/12-38-58.pdf>

[19] F. KILLINC, *Handbook of fire resistant textiles*; Woodhead publishing; ISBN 978-0-85709-123-9.

[20] Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví; [cit. 2016-04-06]

Dostupné z www.unmz.cz/urad/co-je-to-technicka-norma-

[21] Ludmila Tichá; prezentace *Technické normy (ČVUT)*; [cit. 2016-04-06]

Dostupné z http://knihovna.cvut.cz/redirect.php?id_file=771

[22] článek z Wikipedia o *DIN*; [cit. 2016-04-06]

Dostupné z <https://cs.wikipedia.org/wiki/DIN>

[23] Webová databáze norem [cit. 2016-04-06]

Dostupné z <http://shop.normy.biz/>

Seznam obrázků, tabulek a grafů

| | |
|---|----|
| <i>obr.1 Schéma rozdělení NT dle použitých technologií [1]</i> | 14 |
| <i>obr.2 Schéma rozdělení NT dle zpevnění vlákenných vrstev [1]</i> | 15 |
| <i>obr.3 Schéma válcového mykacího stroje [6]</i> | 16 |
| <i>obr.4 Vzájemné postavení pracovních povlaků mykacího stroje včetně vyznačení rychlostí [1]</i> | 16 |
| <i>obr.5 Vertikální příčný kladeč pavučiny v dílně KNT [2]</i> | 17 |
| <i>obr.6 Schéma horizontálního příčného kladeče pavučiny</i> | 18 |
| <i>obr.7 Schéma vpichovacího stroje [2]</i> | 19 |
| <i>obr.8 Znázornění hloubky vpichu [1]</i> | 20 |
| <i>obr.9 Vpichovací jehla a její typické rozměry [1]</i> | 20 |
| <i>obr.10 Ukázka některých textilních výrobků použitých v automobilu [5]</i> | 21 |
| <i>obr.11 Zastoupení textilních výrobků v automobilu v kg [8]</i> | 22 |
| <i>obr.12 Činitele hoření [17]</i> | 28 |
| <i>obr.13 Laboratorní mykací stroj od firmy Befama</i> | 41 |
| <i>obr.14 Vstupní ústrojí laboratorního vpichovacího stroje</i> | 41 |
| <i>obr.15 Boční pohled na pracovní část laboratorního vpichovacího stroje</i> | 42 |
| <i>obr.16 Předepsané rozměry vzorku v mm</i> | 43 |
| <i>obr.17 Schematické znázornění vzorků na textilií</i> | 44 |
| <i>obr.18 Normovaná spalovací komora od firmy Atlas</i> | 45 |
| <i>obr.19 Pohled na testovaný vzorek přes pozorovací okno</i> | 45 |
| <i>obr.20 Upevnění vzorku v držáku spalovací komory</i> | 45 |
| <i>obr.21 Měření uhořelé vzdálenosti</i> | 46 |
| <i>obr.22 Vyšrafovaná vyhořelá plocha po vytyčení obvodových bodů z programu NIS-Elements</i> | 47 |
| <i>Tab.1 Druhy vláken použitých k výrobě vzorků</i> | 39 |
| <i>Tab.2 Poměry vlákenných směsí pro výrobu textilních vzorků</i> | 40 |
| <i>Tab.4 Kategorie vzorků dle charakteristiky hoření podle normy VW TL 1010</i> | 48 |
| <i>Tab.5 Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.1</i> | 48 |
| <i>Graf 1: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro jednotlivé směsi - podélný směr</i> | 49 |
| <i>Graf 2: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro jednotlivé směsi - příčný směr</i> | 49 |
| <i>Graf 3: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro podélný směr - bez směsí č.10 a 13</i> | 50 |

| | |
|---|----|
| <i>Graf 4: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro příčný směr - bez směsí č.10 a 13</i> | 50 |
| <i>Graf 5: Porovnání hodnot vyhořelých vzdáleností pro podélný a příčný směr všech směsí</i> | 51 |
| <i>Graf 6: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro směsi s obsahem vláken typu A</i> | 52 |
| <i>Graf 7: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro směsi s obsahem vláken typu B</i> | 52 |
| <i>Graf 8: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro směsi s obsahem vláken typu C</i> | 53 |
| <i>Graf 9: Porovnání vyhořelých vzdáleností pro směsi s obsahem vláken typu D</i> | 53 |
| <i>Graf 10: Porovnání shořelých ploch pro vzorky z jednotlivých směsí</i> | 54 |
| <i>Graf 11: Porovnání vyhořelých ploch - bez směsí č.10 a 13</i> | 54 |
| <i>Graf 12: Porovnání vyhořelých objemů pro vzorky z jednotlivých směsí</i> | 55 |
| <i>Graf 13: Porovnání vyhořelých objemů pro vzorky z jednotlivých směsí - bez směsí č.10 a 13</i> | 55 |

Přílohy

Část A - výsledky měření dle normy VW TL 1010 pro jednotlivé vzorky

Tabulky 5-17 obsahují výsledky pro měření uhořelé vzdálenosti, rychlosti hoření a zařazení vzorku do kategorie.

Vysvětlivky:

- čas **0 s** znamená, že vzorek přestal hořet ihned po uzavření přívodu plynu do kahanu
- číslo kategorie značí zařazení podle charakteristiky hoření, viz tab. 4
- směrodatné odchylky pro BR jsou uvedeny jen u směsí, kde $BR > 0$ je u alespoň 2 vzorků

Tab.A 1: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.1

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s[mm] | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|--------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 1 | podélný | i | 12 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 8 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 11 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 10,2 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,5 | | | |
| | | | | | | |
| 1 | příčný | i | 11 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 11 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 9 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 10 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 10,2 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,1 | | | |
| x̄ směsi : | | | 10,2 | 0 | 0 | |

Tab.A 2: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.2

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost mm | čas s | rychlost hoření mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|------------------------|--------|-------------------------|-----------|
| 2 | podélný | i | 14,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 13,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 12,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 14,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 11,0 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 12,8 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,3 | | | |
| | | | | | | |
| 2 | příčný | i | 11,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 13,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 11,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 11,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 14,0 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 12,0 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,4 | | | |
| x̄ směsi : | | | 12,4 | 0 | 0 | |

Tab.A 3 Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.3

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 3 | podélný | i | 16 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 19 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 17 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 16 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 17 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 17 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,2 | | | |
| | | | | | | |
| 3 | příčný | i | 20 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 18 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 16 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 19 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 19 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 18,4 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,5 | | | |
| x̄ směsi : | | | 17,7 | 0 | 0 | |

Tab.A 4: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.4

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 4 | podélný | i | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 14 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 13 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 14 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 14,2 | 0 | 0 | |
| s : | | | 0,8 | | | |
| | | | | | | |
| 4 | příčný | i | 12 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 14 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 11 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 11,4 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,7 | | | |
| x̄ směsi : | | | 12,8 | 0 | 0 | |

Tab.A 5: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.5

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 5 | podélný | i | 9 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 11 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 9 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 9,8 | 0 | 0 | |
| s : | | | 0,8 | | | |
| | | | | | | |
| 5 | příčný | i | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 12 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 9 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 10 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 14 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 12 | 0 | 0 | |
| s : | | | 2,5 | | | |
| x̄ směsi : | | | 10,9 | 0 | 0 | |

Tab.A 6: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.6

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 6 | podélný | i | 11 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 13 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 13 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 13,4 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,7 | | | |
| | | | | | | |
| 6 | příčný | i | 17 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 14 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 14 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 17 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 15,4 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,5 | | | |
| x̄ směsi : | | | 14,4 | 0 | 0 | |

Tab.A 7: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.7

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 7 | podélný | i | 14 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 14 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 13 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 14 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 14 | 0 | 0 | |
| s : | | | 0,7 | | | |
| | | | | | | |
| 7 | příčný | i | 17 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 16 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 18 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 16 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 16,4 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,1 | | | |
| x̄ směsi : | | | 15,2 | 0 | 0 | |

Tab.A 8: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.8

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 8 | podélný | i | 21 | 3,2 | 394 | 2.2 |
| | | ii | 24 | 3 | 480 | 2.2 |
| | | iii | 22 | 4,2 | 314 | 2.2 |
| | | iv | 20 | 2,8 | 429 | 2.2 |
| | | v | 24 | 4,1 | 351 | 2.2 |
| x̄ : | | | 22,2 | 3,46 | 394 | |
| s: | | | 1,8 | 0,6 | 64,8 | |
| | | | | | | |
| 8 | příčný | i | 28 | 3,6 | 467 | 2.2 |
| | | ii | 28 | 2,9 | 579 | 2.2 |
| | | iii | 21 | 3,1 | 406 | 2.2 |
| | | iv | 29 | 3,3 | 527 | 2.2 |
| | | v | 26 | 3,4 | 459 | 2.2 |
| x̄ : | | | 26,4 | 3,26 | 488 | |
| s : | | | 3,2 | 0,3 | 66,8 | |
| x̄ směsi : | | | 24,3 | 3,36 | 441 | |

Tab.A 9: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.9

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 9 | podélný | i | 17 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 14 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 13 | 3,4 | 229 | 2.2 |
| | | iv | 18 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 15 | 3,6 | 250 | 2.2 |
| x̄ : | | | 15,4 | 1,4 | 96 | |
| s : | | | 2,1 | 1,9 | 131,5 | |
| | | | | | | |
| 9 | příčný | i | 19 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 15 | 17,7 | 51 | 2.2 |
| | | iii | 23 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 20 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 18 | 18,1 | 60 | 2.2 |
| x̄ : | | | 19 | 7,16 | 22 | |
| s : | | | 2,9 | 9,8 | 30,4 | |
| x̄ směsi : | | | 17,2 | 4,28 | 59 | |

Tab.A 10: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.10

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 10 | podélný | i | 150 | 60 | 150 | 2.1 |
| | | ii | 200 | 31 | 387 | 1 |
| | | iii | 200 | 35 | 343 | 1 |
| | | iv | 162 | 60 | 162 | 2.1 |
| | | v | 200 | 40 | 300 | 1 |
| x̄ : | | | 182,4 | 45,2 | 268 | |
| s : | | | 24,5 | 13,9 | 107,2 | |
| | | | | | | |
| 10 | příčný | i | 105 | 60 | 105 | 2.1 |
| | | ii | 150 | 60 | 150 | 2.1 |
| | | iii | 170 | 60 | 170 | 2.1 |
| | | iv | 166 | 48 | 208 | 2.1 |
| | | v | 147 | 60 | 147 | 2.1 |
| x̄ : | | | 147,6 | 57,6 | 156 | |
| s : | | | 25,8 | 5,4 | 37,3 | |
| x̄ směsi : | | | 165 | 51,4 | 212 | |

Tab.A 11: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.11

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 11 | podélný | i | 15 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 16 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 17 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 14 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 16 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 15,6 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,1 | | | |
| | | | | | | |
| 11 | příčný | i | 19 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 19 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 23 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 18 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 21 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 20 | 0 | 0 | |
| s : | | | 2,0 | | | |
| x̄ směsi : | | | 17,8 | 0 | 0 | |

Tab.A 12: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.12

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 12 | podélný | i | 24,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 19,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 21,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 20,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 21,0 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 21,0 | 0 | 0 | |
| s : | | | 1,9 | | | |
| | | | | | | |
| 12 | příčný | i | 12,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 19,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 38,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 30,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 14,0 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 22,6 | 0 | 0 | |
| s : | | | 11,1 | | | |
| x̄ směsi : | | | 21,8 | 0 | 0 | |

Tab.A 13: Výsledky měření shořelé vzdálenosti pro vzorky ze směsi č.13

| směs | směr | č.vzorku | shořelá vzdálenost s mm | čas t s | rychlost hoření BR mm/min | kategorie |
|------------|---------|----------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| 13 | podélný | i | 59,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 80,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 54,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 86,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 90,0 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 73,8 | 0 | 0 | |
| s : | | | 16,3 | | | |
| | | | | | | |
| 13 | příčný | i | 75,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | ii | 125,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iii | 154,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | iv | 113,0 | 0 | 0 | 2 |
| | | v | 99,0 | 0 | 0 | 2 |
| x̄ : | | | 113,2 | 0 | 0 | |
| s : | | | 29,4 | | | |
| x̄ směsi : | | | 93,5 | 0 | 0 | |

Část B - výsledky měření tloušťek, vyhořelých ploch a vyhořelých objemů

Tab.B 1: Výsledky měření tloušťek pro jednotlivé směsi

| směs | naměřené tloušťky [mm] | | | | | | | | | | \bar{x} | s |
|------|------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----------|------|
| 1 | 2,4 | 2,1 | 2,1 | 1,9 | 2 | 1,9 | 1,9 | 2,1 | 2 | 2 | 2,04 | 0,15 |
| 2 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,5 | 1,7 | 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,65 | 0,08 |
| 3 | 2 | 1,8 | 1,8 | 1,6 | 1,9 | 2 | 2 | 1,8 | 1,9 | 1,8 | 1,86 | 0,13 |
| 4 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,3 | 2,2 | 2,4 | 2,2 | 2,2 | 2,4 | 2,3 | 2,32 | 0,13 |
| 5 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,6 | 1,8 | 2 | 2 | 1,81 | 0,19 |
| 6 | 2,1 | 1,9 | 1,8 | 1,6 | 1,6 | 2 | 1,9 | 1,7 | 1,7 | 1,9 | 1,82 | 0,17 |
| 7 | 2,5 | 2,1 | 2 | 2,3 | 2,1 | 2,4 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,1 | 2,22 | 0,15 |
| 8 | 2 | 1,8 | 1,6 | 1,9 | 2 | 1,9 | 2 | 2 | 1,7 | 1,7 | 1,86 | 0,15 |
| 9 | 2,1 | 1,9 | 1,7 | 1,9 | 1,6 | 2 | 1,9 | 1,9 | 1,8 | 1,8 | 1,86 | 0,14 |
| 10 | 2,6 | 2,4 | 2,6 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,6 | 2,4 | 2,5 | 2,51 | 0,09 |
| 11 | 2,5 | 2,3 | 2,1 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 2,2 | 2,4 | 2,5 | 2,34 | 0,13 |
| 12 | 2,2 | 2,2 | 2 | 2 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,1 | 2,3 | 2,1 | 2,11 | 0,12 |
| 13 | 2,6 | 2,5 | 2,5 | 2,9 | 2,5 | 2,5 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,6 | 2,63 | 0,14 |

Tab.B 2: Výsledky měření vyhořelých ploch

| směs | průměrná vyhořelá plocha [mm ²] |
|------|---|
| 1 | 251 |
| 2 | 261 |
| 3 | 401 |
| 4 | 313 |
| 5 | 346 |
| 6 | 373 |
| 7 | 318 |
| 8 | 783 |
| 9 | 353 |
| 10 | 5376 |
| 11 | 429 |
| 12 | 567 |
| 13 | 2703 |

Tab.B 3: Výsledky měření vyhořelých objemů

| směs | průměrný vyhořelý objem [mm ³] |
|------|--|
| 1 | 251 |
| 2 | 261 |
| 3 | 401 |
| 4 | 313 |
| 5 | 346 |
| 6 | 373 |
| 7 | 318 |
| 8 | 783 |
| 9 | 353 |
| 10 | 5376 |
| 11 | 429 |
| 12 | 567 |
| 13 | 2703 |